

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
PODNIKOVĽHOSPODÁRSKA FAKULTA
SO SÍDLOM V KOŠICIACH**

Evidenčné číslo: 107002/D/2020/36069191762869997

**MERANIE VÝKONNOSTI PROCESOV
V ZDRAVOTNÍCKYCH ZARIADENIACH**

Dizertačná práca

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
PODNIKOVOHOSPODÁRSKA FAKULTA
SO SÍDLOM V KOŠICIACH**

**MERANIE VÝKONNOSTI PROCESOV
V ZDRAVOTNÍCKYCH ZARIADENIACH**

Dizertačná práca

Študijný program:	ekonomika a manažment podniku
Študijný odbor:	ekonómia a manažment
Školiace pracovisko:	katedra kvantitatívnych metód
Vedúci záverečnej práce:	Dr. h.c. prof. RNDr. Michal Tkáč, CSc.

Košice 2020

MUDr. Ladislav Rosocha, MBA, MPH

Zadanie záverečnej práce (vo vytlačenej verzii nahradiť stranou z AIS-u).

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracoval samostatne a že som uviedol všetku použitú literatúru.

Dátum:

.....

(podpis študenta)

Pod'akovanie

Úprimné pod'akovanie chcem vysloviť školiteľovi Dr. h.c. prof. RNDr. Michalovi Tkáčovi, CSc., za odborné vedenie, cenné rady, čas a pomoc pri spracovaní dizertačnej práce, ako aj počas celého doktorandského štúdia.

ABSTRAKT

ROSOCHA, Ladislav: Meranie výkonnosti procesov v zdravotníckych zariadeniach – Ekonomická univerzita v Bratislave. Podnikovohospodárska fakulta so sídlom v Košiciach; Katedra kvantitatívnych metód.. – Vedúci záverečnej práce: Dr. h.c. prof. RNDr. Michal Tkáč, CSc.. – Košice: PHF EU, 2020, počet strán 86.

Táto práca je zameraná na špeciálnu súčasť merania a zlepšovania výkonnosti poskytovaných zdravotníckych služieb, konkrétne na rozvrhovanie činnosti zdravotníckeho personálu. Ide o veľmi špecifický, ale aj veľmi zložitý problém, obsahujúci množstvo obmedzení, ale aj variantov riešenia. Vplyv rozvrhovania na celkovú výkonnosť zdravotníckeho personálu a následne aj celého zariadenia je zrejmý a riešenie tohto problému je aktuálne tak z pohľadu teórie, ako aj praxe. Modifikáciou v odbornej literatúre opísaných metaheuristických prístupov, ukážeme ich použiteľnosť v podmienkach vybraného slovenského zdravotníckeho zariadenia.

Prvá časť práce sa sústreďuje na prehľad súčasného stavu riešenej problematiky, pojednáva o výkonnosti podniku, špecifikách zdravotníckych zariadení a charakterizuje problém rozvrhovania. Druhá kapitola definuje hlavný a parciálne ciele práce. Tretia sekcia sa zameriava na metodiku práce, popisuje metaheuristické metódy vo všeobecnosti a bližšie sa sústreďuje na genetické algoritmy ako hlavnú metódu, ktorá bola v práci využitá. Nasledujúca časť približuje dosiahnuté výsledky a v piatej kapitole sa nachádza zhodnotenie výsledkov, ako aj prínosov pre odvetvie, teóriu a prax

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že práca splnila hlavný i čiastkové ciele a genetické algoritmy sa preukázali ako vhodná metóda na rozvrhovanie zmien zdravotníckych zamestnancov. Výsledky práce a ich implementácia v praxi tak môžu napomôcť zvýšeniu efektivity zdravotníckeho zariadenia .

Kľúčové slová:

Genetické algoritmy, optimalizácia, personál, rozvrhovacia úloha, zdravotnícke zariadenie

ABSTRACT

ROSOCHA, Ladislav: Measurement of process performance in healthcare facilities. Faculty of Business Economics with seat in Košice; Department of Quantitative Methods. – Supervisor: Dr. h.c. prof. RNDr. Michal Tkáč, CSc. – Košice: PHF EU, 2020, 86 pages.

This work focuses on a special part of measuring and improving the performance of the healthcare services provided, namely the scheduling of the shifts of medical staff. This is a very specific, but also very complex problem, containing a number of limitations, but also solutions. The impact of scheduling on the overall performance of the medical staff and consequently of the whole facility is evident and the solution to this problem is both current in theory and practice. By modifying the metaheuristic approaches described in the literature, we will show their applicability in the conditions of the selected Slovak healthcare facility.

The first part of the thesis focuses on an overview of the current state of the issue, discusses the performance of the company, the specifics of healthcare facilities and characterizes the problem of scheduling. The second chapter defines the main and partial goals of the work. The third section focuses on the methodology of work, describes metaheuristic methods in general and focuses more on genetic algorithms as the main method used in the work. The following section outlines the results achieved and in the fifth chapter there is an evaluation of the results as well as benefits for industry, theory and practice.

On the basis of the achieved results, it can be concluded that the work has met the main and partial objectives and genetic algorithms have proved to be a suitable method for scheduling changes in health care workers. The results of the work and their implementation in practice can thus help to increase the efficiency of the healthcare facility.

Key words:

Genetic algorithms, healthcare facilities, optimization, staff, scheduling task

OBSAH

Úvod	10
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí	12
1.1 Výkonnosť podniku	12
1.2 Výkonnosť v sektore služieb	15
1.3 Zdravotnícke zariadenia	17
1.3.1 Špecifiká zdravotníckych zariadení	17
1.3.2 Zdravotné poisťovne	19
1.3.3 Perspektíva klienta	19
1.4 Problém rozvrhovania	20
1.4.1 Charakteristika	20
1.4.2 Rozvrhovacia úloha	22
1.4.3 Riešenie rozvrhovacej úlohy	24
1.5 Rozvrhovanie v zdravotníckych zariadeniach	28
2 Cieľ práce	42
3 Metodika práce a metódy skúmania	43
3.1 Metaheuristiky vo všeobecnosti	43
3.2 Genetické algoritmy	45
3.2.1 Charakteristika	45
3.2.2 Základné vlastnosti	48
3.2.3 Fungovanie	49
3.3 Charakteristika objektu skúmania	52
4 Výsledky práce	56
4.1 Použitý software	56
4.2 Dosiahnuté výsledky	58
5 Diskusia	72
5.1 Zhodnotenie výsledkov	72
5.2 Prínosy pre teóriu a prax	75
Záver	77
Zoznam použitej literatúry	78
Prílohy	86

Zoznam ilustrácií, tabuliek a grafov

Obr. 1 Vzťah medzi populáciou a chromozómom.....	48
Obr. 2 Fungovanie genetických algoritmov	49
Obr. 3 Kríženie	51
Obr. 4 Priebeh algoritmu	57
Obr. 5 Príklad chromozómu	60
Obr. 6 Príklad kríženia na jednodňovom rozvrhu.....	61
Obr. 7 Príklad mutácie na jednodňovom rozvrhu.....	62
Obr. 8 Finálny mesačný rozvrh.....	71
Graf 1 Klasifikácia metaheuristik.....	45
Graf 2 Začlenenie genetických algoritmov.....	46
Graf 3 Zaradenie genetických algoritmov medzi optimalizačné metódy	47
Graf 4 Vývoj najlepších jedincov v populácii	63
Graf 5 Vývoj priemernej vzdialenosti medzi jednotlivcami.....	63
Graf 6 Najlepší a najhorší jedinci	64
Graf 7 Histogram rodičov	64
Graf 8 Kritériá zastavenia algoritmu	65
Graf 9 Vývoj najlepších jedincov v populácii	66
Graf 10 Vývoj priemernej vzdialenosti medzi jednotlivcami.....	66
Graf 11 Najlepší a najhorší jedinci	66
Graf 12 Histogram rodičov	67
Graf 13 Kritériá zastavenia algoritmu	67
Graf 14 Vývoj najlepších jedincov v populácii	68
Graf 15 Vývoj priemernej vzdialenosti medzi jednotlivcami.....	68
Graf 16 Najlepší a najhorší jedinci	69
Graf 17 Histogram rodičov	69
Graf 18 Kritériá zastavenia algoritmu	70

Úvod

S nástupom informačného veku v posledných dvoch desaťročiach dvadsiateho storočia bolo prekonaných viacero premís, ktoré pre ekonomiku a spoločnosť ako takú, platili v predchádzajúcich obdobiach. V minulosti stačilo čo najrýchlejšie zaviesť nové technológie či, efektívne riadiť aktíva a pasíva a firmy dosahovali udržateľnú konkurenčnú výhodu. Dnes to už nestačí, pretože celý trh prešiel výraznou zmenou. Ešte markantnejšie je vidieť rozdiely oproti minulosti v organizáciách, ktoré poskytujú služby. Množstvo subjektov, ktoré zákazníkom ponúkajú dopravné, verejné, zdravotnícke alebo komunikačné služby, podnikalo celé desaťročia vo vyslovene nekonkurenčnom, a teda bezproblémovom prostredí.

Príchod súkromného vlastníctva, zahraničného kapitálu a nevídaný rozmach výpočtovej techniky však prinášajú nové požiadavky nevyhnutné na to, aby spoločnosti mohli dosahovať úspech,. Hovoríme o schopnosti mobilizácie a využitia nielen hmotných aktív, ale i tých, ktoré nie je vidieť na prvý pohľad. Zdrojom nových požiadaviek na vedomosti a technológie podnikateľských subjektov je zvyšujúca sa spoločenská citlivosť na reakcie zákazníkov, ale aj na spokojnosť zamestnancov. Organizácie informačného veku budú úspešné len v prípade, ak nebudú váhať investovať do intelektuálnych aktív a bezchybne ich riadiť. Hromadná výroba štandardných výrobkov a masové poskytovanie služieb musia byť nahradené pružnými a zároveň vysoko kvalitnými dodávkami inovatívnych produktov, ktoré budú prispôbené podľa požiadaviek každého klienta.

Táto práca sa zaoberá službami a výkonnosťou zdravotníckeho zariadenia, konkrétne gynekologicko-pôrodnického oddelenia. Jej zameraním je efektívnosť z pohľadu počtu zamestnancov, či procesu rozvrhovania ich pracovných dôb s využitím moderných metód, a snaha zefektívniť fungovanie tohto zariadenia, zredukovať náklady, optimalizovať pracovný čas, ako aj znížiť dobu čakania pacientov. Je nevyhnutné uviesť si skutočnosť, že tak ako pre všetky ostatné spoločnosti v informačnom veku, aj pre zdravotnícke zariadenia platí, že sa nachádzajú v neustále náročnejšom prostredí. Pacienti, ktorí predstavujú v tomto prípade zákazníkov, prichádzajú s čoraz vyššími nárokmi, nehovoriac o rozvíjajúcej sa konkurencii. V neposlednom rade je potrebné nezabúdať, že samotná lekárska veda sa vyvíja nesmierne rýchlym tempom. Všetky spomenuté činitele prispievajú k tomu, že zdravotnícke zariadenia sa stávajú stále náročnejšími na vedomosti a aplikované technológie. Predovšetkým z týchto dôvodov je potrebné, aby malo každé zdravotnícke

zariadenie definovanú dlhodobú víziu o budúcnosti, a stratégiu svojho vývoja. A práve moderné technológie a výpočtové metódy môžu predstavovať významnú pomôcku k dosiahnutiu stanovených cieľov v podobe kontinuálneho zvyšovania efektívnosti zariadenia a spokojnosti jeho pacientov.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

Všeobecným cieľom každého podniku je trvalé zvyšovanie jeho výkonnosti. Pod pojmom výkonnosť rozumieme schopnosť podniku čo najlepšie zhodnotiť investície, ktoré boli vložené do podnikateľských aktivít. Táto definícia navádza k záveru, že podnikateľsky výkonná a úspešná je len tá spoločnosť, ktorá vykazuje dobré hospodárske výsledky. Avšak výkonnosť spoločnosti môže byť hodnotená z rôznych hľadísk, keďže na trhu sú zastúpení rôzni aktéri a tí majú rozdielny pohľad na vec. Zákazníci vysoko hodnotia podnik, ktorý je schopný predvídať ich potreby a ponúkať za každých okolností kvalitné výrobky a služby za ceny zodpovedajúce ich predstave. Takže meradlo zákazníckeho konceptu pojednáva o kvalite, dodacích lehotách a cene. Uhol pohľadu zamestnancov je zameraný na požiadavky istoty, zaujímajú ich mzdové a sociálne aspekty. Z konkurenčného hľadiska spoločnosť v danom obore posudzuje svoju pozíciu s konkurenciou. Majitelia spoločnosti zas prezentujú názor, že výkonnou je vtedy, ak má schopnosť dosahovať zhodnotenie vloženého kapitálu v čo najvyššej možnej miere a za čo najkratšie obdobie. Kategórie merania úspešnosti podniku vnímajú v pojmoch ako návratnosť investície, ekonomická pridaná hodnota alebo celková hodnota spoločnosti.

1.1 Výkonnosť podniku

Z pohľadu manažéra je často jedným z najdôležitejších meradiel výkonnosti podniku rýchlosť, s akou reaguje na zmeny vo vonkajšom prostredí a tiež potenciál reakcie na vznik nových podnikateľských príležitostí. I keď je v trhových podmienkach konvenčné dlhodobé plánovanie pomerne komplikovaným procesom, ak vezmeme do úvahy trvalé udržanie konkurenčnej výhody, je to proces nevyhnutný. Úspech podniku je priamo úmerne závislý od skorého predvídania príležitosti na trhu a od úspešnosti riešenia vzniknutých problémov. K všeobecným vývojovým trendom zaradzujeme globalizáciu, internacionalizáciu, intelektualizáciu a ekologizáciu. Všetky spomenuté tendencie môžu pre spoločnosť predstavovať ako hrozbu, tak aj príležitosť. Strategické riadenie je jedným z nástrojov využívaných pri vyhodnocovaní jednotlivých faktorov podnikateľského prostredia. Je súhrnom rôznych aktivít, so zameraním na udržiavanie dlhodobého súladu medzi tým, čo predstavuje poslanie firmy, jej cieľmi a disponibilnými zdrojmi (Hill a kol. 2014). Zároveň pri vyhodnocovaní prostredia spoločnosti a jej okolia, v ktorom pôsobí. Možno ho nazvať mixom manažérskych činností. K nim patria: plánovanie, organizovanie, vedenie a kontrola. Stratégia, ako kľúčový pojem, veľmi úzko súvisí s cieľmi, ktoré podnik sleduje.

Ciele, sú stavy, ktoré by chcel dosiahnuť v budúcnosti. Stratégiou pomenúvame spravidla spôsob,, resp. cestu akou ich dosiahneme. Pred tým, ako padne rozhodnutie naformulovať stratégiu, musí podnik vykonať tri základné analýzy skutočností, resp. javov, ktoré v rozhodujúcej miere ovplyvnia strategické rozhodovanie (Barney – Hesterly, 2015):

- analýzu vonkajšieho prostredia spoločnosti,
- analýzu očakávania významných stakeholderov,
- analýzu vnútorného prostredia spoločnosti.

Pri realizácii analýz externého a interného prostredia je dôležité brať do úvahy skutočnosť, že analýza by mala byť relevantná. Musí byť vypracovaná v súlade s účelom, pre ktorý je určená a na výstupe by mala poskytovať len tie skutočnosti, ktoré budú využiteľné pri formulácii stratégie. Pri analýze vonkajšieho prostredia musí byť pozornosť zameraná predovšetkým na odhalenie pôsobiacich vývojových trendov, a to najmä tých, ktoré môžu spoločnosť významne ovplyvniť v budúcnosti. V priebehu tejto analýzy sú zisťované vplyvy z okolia, ako ekonomické, tak politické, ekologické, sociálne a technologické. Nemožno zabudnúť na vplyvy okolia, či segmentu, v ktorom podnik pôsobí, pamätať na dodávateľsko-odberateľský sektor a konkurenčné prostredie. Pri analýze segmentového prostredia, ktorú tiež možno označiť ako analýzu odvetvia, musí byť zohľadnená vyjednávacía sila dodávateľov i zákazníkov, hrozba vstupu na trh novej konkurencie, hrozba nových zástupcov (substitútov), ale tiež možnosť rivality jednotlivých podnikov, pôsobiacich na predmetnom trhu. Stratégia musí byť veľmi jasne vyjadrená s prihliadnutím na ciele, záujmy a silu rozhodujúcich stakeholderov, pretože práve oni sú tí, ktorí s konečnou platnosťou majú čo povedať k realizácii sformulovanej stratégie (Freeman, 2010). Analýza stakeholderov je vykonávaná bežnými technikami a metódami a uskutočňuje sa prieskumom názorov a postojov. Patrí sem technika s využitím dotazníkov alebo technika interview. Pre identifikáciu silných a slabých stránok firmy je potrebné realizovať analýzu jeho interných faktorov. Pri tejto analýze, je pre potreby strategického riadenia, vhodné ich členenie na (Hitt a kol. 2012):

- faktory vedecko-technického rozvoja,
- marketingové a distribučné,
- faktory výroby a riadenia výroby,
- faktory podnikových a pracovných zdrojov,
- faktory finančné a rozpočtové.

Faktory vedecko-technického rozvoja sa nachádzajú v oblasti ktorá má spoločnosti vytvoriť predpoklady pre využívanie vedecko-technických výsledkov a prejaví sa to vo firemnej stratégii. Analýza v sebe zahŕňa hľadisko schopnosti súladu vyvíjaných produktov s požiadavkami zákazníkov, úrovne, kvality a skúsenosti vedeckého a technického personálu, možnosti využitia nových materiálov atď.

Čo sa týka oblasti marketingu a distribúcie, je potrebné analyzovať štruktúru konkurencie na trhu, podiel spoločnosti na celkovom trhu, kvalitu produktov, hospodárnosť a účinnosť vedľajších aktivít, ochranu patentov a pod. Pri vykonávaní analýzy výroby a jej riadenia je skúmaná najmä úroveň výrobných nákladov, dostatočnosť výrobných kapacít, pružnosť výroby, spoľahlivosť výrobných systémov, využitie výrobných zariadení, účinnosť systému riadenia zásob, hospodárnosť procesov riadenia výroby, riadenie kvality a iné (Eden - Ackermann, 2013). Veľmi významným hľadiskom sa stáva flexibilita výrobcov, ktorá je meraná napríklad časom potrebným na uspokojenie dopytu po konkrétnom výrobku. Medzi činitele podnikových a pracovných zdrojov sú zaradené imidž spoločnosti, jej prestíž, účinnosť organizačnej štruktúry, kultúra a celkové pracovné prostredie, resp. jej klíma, kvalita ľudských zdrojov, hospodárnosť a účinnosť personálnej politiky.

Význam analýzy finančných a rozpočtových faktorov spočíva v posúdení finančného zdravia organizácie. V posúdení toho, či strategický rozvoj, o ktorom je uvažované, je z finančného hľadiska reálny. Úlohou finančného úseku v rámci procesu strategického riadenia je zaoberať sa významnými oblasťami, ako je napríklad prognózovanie kapitálovej štruktúry podniku, zaistovanie a umiestňovanie finančných zdrojov a pohybu peňazí ako takých (Ward, 2012). Finančná analýza využíva najviac pomerové ukazovatele, ako sú ukazovateľ likvidity, efektívnosti využívania zdrojov a ukazovateľ ziskovosti. K hlavným cieľom strategickej analýzy patrí odhalenie najzávažnejších faktorov, ktoré podmieňujú úspech spoločnosti pri realizácii jej stratégie. Nazývame ich aj kľúčové faktory úspechu. Pri ich objasňovaní možno využiť pomerne užitočnú techniku „7 S model“. Je to metodika strategickej analýzy, podľa ktorej sú rozhodujúce faktory chápané a analyzované v rámci vzájomných vzťahov a ich pôsobení. Model bol pomenovaný podľa v ňom zahrnutých činiteľov: stratégia, štruktúra, systémy riadenia, štýl manažérskej práce, spolupracovníci, schopnosti a zdieľané hodnoty (Lasserre, 2012). Zavŕšením strategickej analýzy je diagnostika silných a slabých stránok, príležitosti a hrozieb a určenie kľúčovej konkurenčnej výhody a zásadných faktorov úspechu. Pri skúmaní konkurenčnej výhody sú tie dôležité aktivity, ktoré sú náročné na náklady a ich podiel na tvorbe rozdielnosti je významný. Výsledky analytických metód možno veľmi výhodne zoradiť podľa dôležitosti s využitím

SWOT analýzy. Je zaradená až na úplný koniec rozboru a predstavuje sumár najdôležitejších záverov z uskutočnených čiastkových analýz. Keď sú k dispozícii čiastkové výsledky, spracovanie SWOT je už len mechanická záležitosť. Pri formulovaní stratégie má nenahraditeľnú úlohu, je cenným informačným zdrojom a ťažiskom, z ktorého vyplýva základná logika strategického návrhu.

Ideou stratégie musí byť zámer eliminácie slabín a hrozieb so zúročením silných stránok a strategických príležitostí. Každá slabá stránka, či hrozba musí mať v navrhovanej stratégii svoj protiklad, opak, resp. opatrenie, ktorým bude vylúčená. V závere vykonávania strategickej analýzy pristupujeme k poslednému kroku, a to stanoveniu konkrétneho spôsobu realizácie tejto stratégie. Základňou pre formulovanie je analýza oblasti podnikania. Rozbor základných zložiek stratégie – produktov, trhov a funkcií a stanovenie základných prostriedkov a foriem boja s konkurenciou (Stead – Stead, 2013):

- stratégia založená na nízkych nákladoch,
- stratégia založená na rozdielnosti,
- stratégia, založená na úzkom zameraní, to znamená výber len obmedzeného sortimentu, v ktorom sa spoločnosť chce špecializovať.

V stave, keď je prijaté rozhodnutie o ťažisku stratégie, je vhodné pristúpiť k znieniu stratégie, ktorá povedie k splneniu týchto základných rozhodnutí. Možností stratégie by malo byť vygenerované primerané množstvo a mali by eliminovať strategické medzery.

1.2 Výkonnosť v sektore služieb

Služba je akákoľvek činnosť alebo výhoda, ktorú jedna strana ponúka druhej, je nehmotná a jej produkcia môže, ale nemusí byť spojená s fyzickým produktom (Poister, 2010). Pri službách sa charakteristicky prejavuje ich nehmotnosť, neodčleniteľnosť, rôznorodosť a vlastníctvo. Služby sú taký produkt, ktorý nie je možné uskladniť, patentovo ochrániť a hromadne produkovať. Nie je možné ich baliť, ani poskytovať vzorky. Preto je pomerne ťažké služby štandardizovať. Ich hodnota je vyjadrovaná väčšinou inou terminológiou ako je cena. Dôležitejšími parametrami sú kvalita, ochota a záruka. Ako bolo uvedené, asi najcharakteristickejšou vlastnosťou služieb je absencia ich hmatateľnosti. Čistá služba sa nedá zhodnotiť fyzickým zmyslom. Pred zakúpením, nie je často možné službu vyskúšať, či vykonať obhliadku. Zložky, ktoré sú predstaviteľmi kvality ponúkanej služby, ako napríklad spoľahlivosť, osobný prístup poskytovateľa, istota splnenia požiadaviek

a ďalšie, sa dajú väčšinou overiť až v čase konkrétneho nákupu a spotrebe služby (George – Jones, 2015).

Práve to je zdrojom neistoty zákazníka pri výbere dodávateľa služby. Túto neistotu, tento nedostatok, sa musí snažiť dodávateľ služby prekonať zintenzívnením marketingového mixu služieb o zložku materiálneho prostredia. Musí zdôrazniť význam komunikačného mixu a zamerať sa na vytvorenie „dobrého obchodného mena“. Povinnosťou manažmentu spoločnosti je reagovať odstránením zložítostí poskytovania služieb. Využiť možnosť šírenia reklamy ústnym podaním, t. j. podporovať osobné odporúčania súčasných klientov. V prvom rade je nevyhnutné zameranie sa na kvalitu a pomocou dostupných prostriedkov usilovať sa o vytvorenie značky, napríklad aj získaním certifikátov, potvrdzujúcich kvalitu. Ďalšou z charakteristických vlastností je jej neoddeliteľnosť od producenta. Dodávateľ služby a klient sa musia stretnúť v mieste a čase, aby výhoda, ktorú si zákazník praje a získava ju poskytnutím služby, mohla byť uskutočnená. Neoddeliteľnosť je príčinou zvýšeného vplyvu tohto procesu na celkovú kvalitu služby. Mnohokrát i drobná zmena priebehu poskytovania služby má veľký vplyv na zákazníka, na jeho vnímanie poskytovanej služby a na konečný efekt.

Práve táto vlastnosť zapríčiňuje častejší vznik miestnych monopolov dodávateľov služieb. Heterogenita služby je zase príčinou, že ten istý zákazník nemusí pri rovnakej objednávke dostať tú istú kvalitu služby. To spôsobuje aj ťažkosti pri výbere medzi konkurenčnými produktmi. Manažment spoločnosti sa musí snažiť reagovať aj na túto charakteristiku, a to stanovením noriem kvality správania pracovníkov, ich výcvikom, výchovou, motiváciou a v neposlednom rade výberom a plánovaním procesov poskytovania služieb. Syntézou týchto vlastností služieb je všeobecne využívaný marketingový mix štyroch prvkov – 4P. Pre spoločnosti, ktoré pôsobia v oblasti poskytovania služieb je ale nedostatočný. Je ho potrebné rozšíriť o ďalšie prvky. K pôvodným prvkom, t. j. produkt, cena, distribúcia a marketingová komunikácia musia byť ešte pripojené: materiálne prostredie, ľudia a procesy (Stokes a kol. 2010).

Materiálne prostredie poskytuje dôkaz o vlastnosti služby. Je nápomocné pri tzv. „zhmotnení“ služby. Jeho podoba je mnohoraká, môže to byť vlastná kancelária, budova, či tlačovina, ktorá opisuje a vysvetľuje rôzne typy poskytovaných služieb. K prostrediu zaradzujeme aj pracovné oblečenie, resp. rovnošaty. Zamestnanci firmy, najmä tí, ktorí pôsobia v prvej línii, sú vďaka neustálemu kontaktu s klientelou jedným z najvýznamnejších zložiek a určite majú priamy vplyv na kvalitu poskytovaných služieb. Každá spoločnosť, obzvlášť tá, ktorá sa zaoberá poskytovaním služieb sa musí vo zvýšenej miere zamerať na

proces výberu, školenia a motivovania svojich pracovníkov (Afekola – Sergi, 2016). Procesy ako také riadia a uľahčujú dodávanie služieb klientom. Ani jeden človek, ktorý je odkázaný na dlhé čakanie pri vybavovaní svojej záležitosti neprejaví spokojnosť. Aby zákazník odchádzal spokojný, musia mu byť vysvetlené výhody celého produktu, porovnanie s konkurenčnými službami, ponúknutá pomoc pri vyplnení formulára a pod. Pri absencii takéhoto postupu, odchádza zákazník nespokojný. Práve z tohto dôvodu je nevyhnutné kontinuálne vykonávať analýzy procesov, vyhodnocovať ich a postupne, pokiaľ je to možné, pristupovať k zjednodušovaniu jednotlivých krokov. V každom podnikaní musí byť úsilie celej spoločnosti zamerané na optimálne uspokojenie potrieb zákazníkov.

Ako už bolo povedané, v oblasti metód riadenia výkonnosti podnikov existuje mnoho spoločných črt. Riadenie zdravotníckych zariadení sa ale vyznačuje svojimi špecifickými požiadavkami. A práve tieto špecifiká musia byť rešpektované a je neprípustné ich ignorovať, resp. prehliadať. Robia totiž riadenie zdravotníckych zariadení výnimočne zložitým.

1.3 Zdravotnícke zariadenia

1.3.1 Špecifiká zdravotníckych zariadení

Pri porovnávaní zdravotníctva s inými typmi služieb možno dospieť k záveru, že štandardné zdravotnícke zariadenie sa líši typickými špecifikami. Predmetom činnosti zdravotníckych služieb je udržiavať a obnovovať dobrý zdravotný stav obyvateľstva (Swayne a kol. 2012). Táto úloha je samozrejme dôležitejšia, než sledovanie najnižších nákladov pri výkone činnosti, avšak ruka v ruke spoločne súvisia. Okrem toho je daná aj povinnosť poskytovateľa služby, keďže lekár v žiadnom prípade nemôže odoprieť poskytnutie služby pacientovi.

V odbornej literatúre je zdravotníctvo definované ako rezortný systém, ktorý obsahuje sústavu odborných zariadení, orgánov a inštitúcií, ktoré spoločne s ľuďmi, vybavením, poznatkami a metódami uspokojujú zdravotnícke potreby, ako aj oprávnené požiadavky ľudí (Jarošová, 2007). Je to podsystém rozsiahleho systému starostlivosti o zdravie. Predstavuje vysoko odbornú, profesionálne vykonávanú činnosť. Ivanová (2006) hovorí o špecifických rysoch zdravotníctva nasledovne:

- predstavuje len jeden z prvkov, tvoriacich úroveň zdravotného stavu obyvateľstva

- v rámci zdravotnej starostlivosti je veľmi obtiažné stanoviť hodnotiace kritéria aj z dôvodu, že široká verejnosť má k zdravotníctvu pomerne citlivý vzťah
- pracujú tu len osoby s predpísaným vzdelaním
- na zamestnancov v zdravotnom rezorte sú kladené mimoriadne etické požiadavky a vysoká zodpovednosť.

Ako bolo uvedené vyššie, zdravotníctvo má celý rad špecifických oblastí, ktoré z tohto odboru tvoria jedinečný systém. Nielen od manažérov, ale od každého jedného zamestnanca sú požadované vysoké nároky. Hekelová (2012) opisuje osobitosti zdravotníckych zariadení:

- Zdravie nie je tovar – to by mal byť základný prístup k výkonu svojej práce v zdravotníckom zariadení
- Etický problém – náklady na zdravotnú starostlivosť rastú rýchlejšie, než hrubý domáci produkt. Týka sa to takmer všetkých vyspelých krajín sveta. Lieky, resp. prístroje a postupy sú z roka na rok modernejšie a drahšie. Je nemožné poskytovať dostupné liečenia všetkým pacientom plošne. Aj to je veľký, mimoriadne zložitý problém pre zdravotníckych pracovníkov.
- Spoločensko–ekonomický a politický tlak vychádza z rozdielnych cieľov jednotlivých subjektov. Iný záujem majú platcovia, zriaďovatelia, majitelia, či zamestnanci zdravotníckych zariadení. Pomerne nejasné pravidlá v tomto smere, ktoré na Slovensku nastali v porevolučnom období, aj naďalej pretrvávajú. Každý minister zdravotníctva pri nástupe sľubuje reformu v zdravotníctve, čím sa len zvyšuje miera neistoty. Zatiaľ chýbajú jednoznačné pravidlá a riešenie sa nenájde zrejme ani v dohľadnej dobe.
- Je nutné zopakovať, že sa jedná o veľmi špecifický typ služby, ktorou je starostlivosť, čiže činnosť, pri ktorej sú riešené ľudské životy. Práve to zvyšuje mieru zodpovednosti všetkých zdravotníckych pracovníkov, nevynímajúc tých, na vedúcich pozíciách.
- Hodnotenie kvality poskytovanej služby – starostlivosti pacientom. Veľká väčšina pacientov nedokáže objektívne zhodnotiť odbornosť a kvalitu poskytnutej starostlivosti. Pacienti sa zameriavajú na hodnotenie osobného prístupu, komunikácie zdravotníckych zamestnancov s pacientom, čakacie lehoty, možnosť objednávaní a dostupnosti zdravotníckeho zariadenia a jeho čistoty.
- V zdravotníctve sú zvýšené nároky na rôzne typy komunikácie

- Zamestnanci v zdravotníckych zariadeniach sú vystavení zvýšenej miere pracovného stresu.

1.3.2 Zdravotné poisťovne

Ďalším špecifickým faktorom pri zdravotníckych zariadeniach sú zdravotné poisťovne. Medzi zdravotníckymi zariadeniami a zdravotnými poisťovňami sú vzťahy založené na rámcových zmluvách, od ktorých sa odvíjajú ďalšie zmluvy. Poisťovne v pravidelných intervaloch avizujú zmeny, napríklad, že nebudú automaticky predlžovať zmluvy na ďalšie obdobie, ale vypracujú nové zmluvy, ktoré budú zodpovedať potrebe racionalizácii siete zmluvných zdravotníckych zariadení. Zmluvy uzatvára zdravotná poisťovňa so zdravotníckym zariadením na päť rokov a pokiaľ neoznami ani jedna zo zmluvných strán rok pred vypršaním lehoty, že nemá záujem na pokračovaní zmluvného vzťahu, doba jej platnosti sa predlžuje o jeden rok.

Poisťovne však spravidla nechcú automaticky predlžovať zmluvy, pretože takto zostávajú v platnosti všetky dohodnuté podmienky. Ak presadia každoročné podpisovanie nových zmlúv, v nich môžu ľahšie racionalizovať a optimalizovať sieť zdravotníckych zariadení. S touto ich snahou súhlasí aj Ministerstvo zdravotníctva. Aj ono v poslednej dobe avizuje výrazné snahy o reštrukturalizáciu a tiež redukcii nemocničných lôžok. Poisťovne prejavili záujem, v zmysle platnej legislatívy o personálnom a vecnom vybavení, či jednotlivé nemocnice disponujú dostatočným počtom a odbornosťou personálu. Výsledkom by malo byť rozhodnutie o redukcii alebo aj zrušení niektorých oddelení. Cieľom je zrušiť signifikantný počet nemocničných lôžok, optimalizovať sieť zdravotníckych zariadení a ušetriť nie malé finančné prostriedky pre nemocnice. Týmto opatrením by mohlo byť dosiahnuté, že sa zvýšia platy zdravotníkom a zníži potreba nadčasovej práce. Zdravotné poisťovne to deklarujú ako snahu o skvalitnenie poskytovanej starostlivosti pacientom, čo však vytvára ďalší tlak na samotné zdravotné zariadenia a úroveň nimi poskytovanej zdravotnej starostlivosti.

1.3.3 Perspektíva klienta

K najdôležitejším zložkám činnosti zdravotníckeho zariadenia patrí samozrejme klient - pacient a celé úsilie zdravotníckeho zariadenia, jeho personálu a vedenia, by malo smerovať na uspokojenie pacientových potrieb. V odbornej literatúre je často používaný zámerne pojem klient, prípadne zákazník, viac ako pacient. Z ekonomického hľadiska je

pacient totiž klientom zariadenia. Klinika či oddelenie si preto musí stanoviť hodnotové priority a pre klientov a prostredníctvom nich sa snažiť vybudovať ich vernosť, resp. lojalitu, ktorá je výsledkom spokojnosti. A pri poskytovaní zdravotníckych služieb sú typickými faktormi zabezpečujúcimi spokojnosť predovšetkým čas a kvalita (Ohman a kol. 2012). Požiadavky pacienta sú preto často zamerané aj na spoľahlivosť a dôslednosť dodržiavania dohodnutých termínov.

Zariadenie vlastniace modernú zdravotnícku techniku má možnosť vykonať väčšinu vyšetrení v jeden deň, čo znamená, že pacient nemusí čakať dlho na výsledky. Existujú však samozrejme aj vyšetrenia, pri ktorých je potrebná doba na vykonanie testu dlhšia ako deň. Môže sa jednáť aj o vyšetrenia, do ktorých vystupuje ako sprostredkovateľ laboratórium, alebo ich zariadenie zabezpečuje u iného dodávateľa. To je skutočnosť, o ktorej musí byť príslušný klient informovaný (Swayne a kol. 2012).

Je vhodné, aby mal klient prístup nielen k informáciám o rozsahu vykonávaných vyšetrení, ale i o ostatných analýzach, zasielaných do ďalších laboratórií. Takýto zoznam musí obsahovať i lehoty, v akých dostane výsledok testu. Informácie môže zariadenie zverejniť napríklad na svojej webovej stránke, po prihlásení klienta a zadaní identifikačných údajov, ale môžu byť obsiahnuté i priamo na žiadanke o vyšetrenie. Požiadavky pacientov súvisia aj so základnými vlastnosťami služieb, a to ich neoddeliteľnosti od dodávateľa, producenta. Pacient je ten, ktorý je v priamom kontakte s personálom zariadenia. Stretáva sa so sestrami pri odbere, doktormi pri zákrokoch a vyšetreniach. Má sklon pri poskytovaní služby hodnotiť nielen profesionálny, ale i ľudský prístup a čo najkratšiu čakaciu dobu.

I keď väčšinou nie je disponovaný na posúdenie odbornej stránky vykonaného vyšetrenia, jeho vnímavosť sa sústreďuje na obsluhujúci personál a tiež na prostredie zariadenia (Happell – Palmer, 2010).

Nie menej významným faktorom marketingu služieb je lokalizácia zariadenia a jeho jednotlivých zložiek, ktoré bezprostredne poskytujú služby z pohľadu ich dostupnosti. Je potrebné pamätať na to, že tieto služby budú využívať aj z dôvodu zákrokov pohybovo obmedzení klienti.

1.4 Problém rozvrhovania

1.4.1 Charakteristika

Rozvrhovanie činností patri k základným problémom operačného výskumu. Uplatňuje sa pri tvorbe projektov či rutinných podnikových činností (napr. rozvrhovanie

zmien). Aj pri ich malom počte však môže existovať obrovské množstvo možností, ako jednotlivé činnosti rozvrhnúť. Vzniká tak potreba ohodnotiť jednotlivé alternatívy a vybrať medzi nimi tú najlepšiu. Cieľom je spravidla pri danej množine aktivít, zdrojov a obmedzení, rozvrhnúť aktivity tak, aby výsledný rozvrh spĺňal všetky požadované obmedzenia a mal najlepšiu úroveň hodnotiaceho kritéria. Táto základná úloha často pripúšťa celú radu variácií, napríklad obmedzenie dostupnosti zdrojov, alebo požiadavky na poradie vykonávania činností (Phillips – Garcia-Diaz, 1981).

Plánom rozumieme stanovenie toho, ktoré činnosti je potrebné vykonať a aké zdroje na ne použiť. Súčasťou plánu je aj odhad časovej náročnosti činností a podmienky postupnosti, ktoré špecifikujú, či niektoré úlohy nemožno vykonávať, kým nie sú hotové konkrétne predchádzajúce úlohy. Takýto plán je typicky východiskovou informáciou pre rozvrhovanie, ktorého cieľom je odpovedať na otázku kedy ktorú činnosť vykonávať, a teda priradiť každú úlohu časovému intervalu. Rozvrh možno považovať za konzistentný, ak spĺňa všetky obmedzenia a obsahuje všetky požadované aktivity (Arya – Verma, 2014). Pre posúdenie kvality rozvrhu sa špecifikuje optimalizačné kritérium. Tým zvyčajne býva minimalizácia celkovej doby trvania, ale môže ním napríklad byť aj maximalizácia zisku či súčasnej hodnoty budúcich cashflow, prípadne minimalizácia nákladov.

Plán a rozvrh činností sú vzájomne úzko previazané, a preto si zmena plánu často vyžaduje aj následnú zmenu rozvrhu. Počas realizácie môže samozrejme dochádzať aj k neočakávaným zmenám, kedy sa mení dostupnosť zdrojov alebo optimalizačné kritérium. Rozvrhovanie je teda dynamický problém, ktorý si vyžaduje schopnosť vytvoriť kvalitný rozvrh v čo najkratšom čase (Buttazzo, 2011).

Väčšina praktických rozvrhovacích úloh patri do triedy zložitosti problému NP-hard, a teda v súčasnosti nie je známy efektívny algoritmus, ktorý by v relatívne krátkom čase našiel ich optimálne riešenie. Ak chceme nájsť zaručene optimálne riešenie, neostáva nič iné iba prehľadať takmer celý priestor možných riešení, ktorého veľkosť rastie exponenciálne s veľkosti úlohy. Exaktné numerické metódy možno teda použiť iba na malé problémy, pretože vyriešenie veľkých úloh by trvalo neúnosne dlho (Hiriart-Urruty – Lemaréchal, 2013). Avšak z praktického hľadiska často postačuje, ak je nájdené dostatočne dobré sub-optimálne riešenie, na čo možno použiť niektorý z mnohých metaheuristických algoritmov. Ich výhodou je, že pracujú rýchlo aj na veľkých a zložitých úlohách. V súčasnosti sa na riešenie takýchto úloh často používajú práve algoritmy založené na metaheuristických prístupoch, ktoré sú špeciálne prispôsobené riešeniu špecifik rozvrhovacích úloh (Boussaid

a kol. 2013; Gendreau – Potvin, 2010; Osman – Kelly, 1996; Ribeiro – Hansen, 2012; Talbi, 2009; Voss a kol. 2012)

Príkladom takejto metaheuristickej metódy sú genetické algoritmy, ktoré sa už vo veľkom množstve prípadov osvedčili pri riešení kombinatorických úloh so zložitým, členitým a nesúvislým priestorom riešení (Bazid a kol. 2015; Cheng a kol. 1996; Fang a kol. 2014; Godinho a kol. 2014; Goldberg, 2013; Joo – Kim, 2015; Maffed, 2013; Sastry a kol. 2014; Xu a kol. 2014).

1.4.2 Rozvrhovacia úloha

Rozvrhovacia úloha môže byť vo všeobecnosti definovaná, ak poznáme (Wall 1996):

- množinu aktivít, ktoré je potrebné vykonať a ich charakteristiky (napr. náklady),
- množinu zdrojov a ich charakteristiky (napr. dostupnosť),
- množinu obmedzení (napr. poradie),
- optimalizačné kritérium.

Cieľom rozvrhovacej úlohy je zostaviť rozvrh, a teda priradiť zdroje aktivitám a jednotlivé aktivity časovým intervalom tak, aby boli splnené všetky obmedzujúce podmienky, všetky aktivity boli rozvrhnuté a súčasne mal predmetný rozvrh hodnotu optimalizačného kritéria aspoň tak dobrú, ako ktorýkoľvek iný rozvrh (Floudas, 1995). Úloha má vo všeobecnosti nasledujúce vlastnosti (Ballestin – Blanco, 2011; Pinedo, 2015):

- aktivity majú jedno alebo viacero prevedení,
- aktivity môžu mať ľubovoľný počet predošlých aktivít,
- aktivitu možno počas jej vykonávania prerušiť,
- aktivita môže využívať jeden alebo viacero zdrojov,
- spotrebované množstvo zdroja sa môže počas vykonávania aktivity meniť,
- zdroje sú obnoviteľné alebo neobnoviteľné,
- dostupnosť zdrojov sa môže v čase meniť,
- požiadavky na zdroje sa môžu počas projektu meniť,
- optimalizačné kritérium sa môže počas projektu meniť.

Každý aktivite prislúcha aj odhad doby jej vykonávania a náklady s ňou spojené, zoznam zdrojov, ktoré využíva a ich spotreba. Ako bolo uvedené vyššie, aktivita môže vyžadovať jeden alebo viacero zdrojov a ich spotreba môže byť v čase variabilná. Aktivita

môže mať viac alternatív prevedenia, ktoré sa môžu líšiť požiadavkami na zdroje a dobou, ktorá je potrebná na ich dokončenie.

Zdroje rozdeľujeme na obnoviteľné a neobnoviteľné. Obnoviteľné zdroje síce môžu byť každú periódu dostupné iba v obmedzenom množstve, ale ich dostupnosť sa v ďalšej perióde obnovuje. Štandardne sa jedná o pracovnú silu alebo bežný materiál. Neobnoviteľných zdrojov je k dispozícii obmedzené množstvo po celú dobu projektu, čo môže viesť k neexistencii konzistentného rozvrhu (Kirsch, 2012). Zdroje sa navzájom môžu líšiť cenou, dostupnosťou alebo efektívnosťou (napr. skúsenejší lekár pracuje rýchlejšie a spoľahlivejšie). Dostupnosť zdrojov nemusí byť v čase konštantná a môže dochádzať aj k jej neočakávaným zmenám.

Kým dodržanie obmedzujúcich podmienok určuje prípustnosť riešenia, optimalizačné kritérium určuje jeho optimálnosť. Dodržanie obmedzujúcich podmienok je teda nevyhnutné a splnenie optimalizačného kritéria žiaduce. Obmedzenia rozvrhovania aktivít spočívajú najčastejšie v ich postupnosti, teda v požiadavke, aby sa aktivita začala až po dokončení, prípadne čiastočnom dokončení iných aktivít. Niektoré aktivity môžu byť napríklad vykonávané len v určitých časových intervaloch (napr. upratovanie možno vykonávať až po čiastočnom ukončení práce). Ďalšie obmedzujúce podmienky sa týkajú zdrojov, ktoré môžu byť dostupné v určitom množstve alebo v určitých časových intervaloch. Obmedzená môže byť aj hodnota optimalizačného kritéria, napríklad stanovením hornej hranice pre celkovú dĺžku projektu. Prípustné riešenie (konzistentný rozvrh) spĺňa všetky obmedzenia a zároveň rozvrhuje všetky aktivity. Optimálny rozvrh je konzistentný a zároveň poskytuje najlepšiu hodnotu optimalizačného kritéria (Mattfeld, 2013).

Ako optimalizačné kritérium môže slúžiť celková dĺžka rozvrhu, náklady, hodnota budúcich cashflow, dopad na životné prostredie alebo ľubovoľné ďalšie meradlá. Najbežnejšími kritériami sú pravdepodobne minimalizácia nákladov alebo celkovej doby trvania. V reálnych aplikáciách býva ale často nutné použiť viacero kritérií, ktoré navyše bývajú vzájomne konfliktné. Ak chceme napríklad skrátiť dobu trvania, možno tak niekedy urobiť iba za cenu zvýšenia nákladov. Čím viac kritérií berieme pri vytváraní rozvrhu do úvahy, tým viac konfliktov pravdepodobne vznikne. V takomto prípade je nutné definovať vzťahy, na základe ktorých bude možné rozhodnúť, ktorému kritériu pripadá vyššiu dôležitosť. Rozvrh ani plán nemusia byť po dobu trvania činností statické. Ak sa realita nezhoduje s odhadom, napríklad zákroky trvajú dlhšie, alebo sú zamestnanci indisponovaní, je potrebné rozvrh zmeniť. Optimalizátor sa musí vedieť adaptovať na zmeny a zároveň brať

do úvahy už hotovú prácu (Pinedo, 2015). Vzhľadom na pomerne širokú definíciu všeobecného rozvrhovacieho problému existuje aj množstvo užšie definovaných úloh. Ich účelom je prispôsobenie modelu špecifickému charakteru daného problému. Vďaka tomu sa môže znížovať veľkosť či dimenzie prehľadávaného priestoru riešenia, hoci aj za cenu ďalšieho zjednodušenia modelovanej reality.

1.4.3 Riešenie rozvrhovacej úlohy

Vo všeobecnosti možno pojem rozvrhovania opísať ako proces pridelovania obmedzených prostriedkov a času tak, aby došlo k požadovanému výsledku v optimálnej miere, pri splnení určených obmedzení zadefinovaných počas navrhovania rozvrhu. Každá aktivita a činnosť majú v rozvrhu vopred známu dobu trvania. V čase tvorby rozvrhu nie je možné zabúdať na vopred stanovené pravidlá a mantinely, v ktorých sa môžeme pohybovať. Tieto obmedzenia možno rozčleniť na tvrdé a mäkké.

Pri riešení problematiky rozvrhovania existuje viacero prístupov, ktoré možno rozčleniť na:

- ručný (tlačená podoba),
- ručný na počítači (software),
- poloautomatický,
- automatický.

O každom z vyššie uvedených prístupov možno konštatovať, že má svoje výhody i nevýhody. Stále však platí, že čím je v rozvrhu viac položiek, tým je jeho vypracovanie náročnejšie. Z toho vyplýva, že pri väčších prevádzkach nie je vhodné využívať ručne vypracované rozvrhy a často nie je možné zaručiť ich úplnú optimálnosť. Vo väčšine prípadov sa jedná o čo najpriateľnejší kompromis času, ktorý je potrebný na vyriešenie a zostavením výsledného rozvrhu. To však platí aj pre rozvrhy zostavené na základe využitia úplne automatických systémov.

Ručné riešenie rozvrhovacej úlohy spočíva zvyčajne v ich spracovaní do tabuliek. Jednotlivé položky sú zadávané ručne a vyhotovujú ich vedúci zamestnanci podľa svojich skúseností a zručností. V súvislosti s využívaním ručných riešení je možné s istotou konštatovať, že toto riešenie je možné len pri menšej prevádzke, ktorá nemá pri svojej činnosti zadefinovaných veľa podmienok a obmedzení. Ako náhle sa zvýši počet pracovísk, čas pre vypracovanie čo optimálneho rozvrhu neúmerne rastie a záťaž vedúceho pracovníka pri jeho tvorbe je obrovská.

Dômyselnejším, ale pre niektoré prevádzky ešte stále málo postačujúcim riešením, je vytváranie ručného rozvrhu, s využitím niektorého z dostupných softvérov. Možno povedať, že je to len o trochu viac prepracovaný variant než ručná alternatíva uvedená v predchádzajúcej stati. Jeho výhodou oproti jednoduchému ručnému vytváraniu rozvrhov je, že softvér dokáže čiastočne kontrolovať zadané podmienky ako počet pacientov na zariadenie, počet odpracovaných hodín personálu a ďalšie.

O niečo vyspelejším variantom softvérového riešenia zostavovania rozvrhov pracovných zmien je jeho poloautomatické vypracovanie. Hovoríme o využití modelov, ktoré už disponuje potrebnými základnými algoritmami pre rozvrhovanie skúmaného problému. Tieto implementované algoritmy nemožno chápať ako úplné riešenie, ktoré vyriešia všetko, avšak poskytujú šablónu, ktorá je schopná vytvoriť základný rozvrh. Ten je však ešte nevyhnutné ručne upraviť a tým eliminovať prípadné nedokonalosti. Podobný software nie je schopný rozvrh optimalizovať, ale v prípade prijateľného počtu obmedzení a premenných je postačujúci a jeho využitie je v takom ponímaní prijateľné a pochopiteľné. Najvyšším stupňom zostavovania rozvrhu je plne automatický software. Ten je vyhotovený na základe algoritmov, ktoré umožňujú zostavenie optimálneho alebo takmer optimálneho riešenia. Samozrejme následkom je jeho vyššia náročnosť, či už výpočtová alebo časová. Ak chceme zostaviť optimálny rozvrh, musí tomu zároveň predchádzať úplné a podrobné ohraničenie tvrdých a mäkkých obmedzujúcich kritérií, pri definovaní ktorých nesmie dôjsť k ani najmenšej chybičke. Keďže však podobné algoritmy bývajú často vyvinuté na mieru konkrétnej prevádzky, ich zaobstaranie nebýva lacnou záležitosťou.

Už v polovici minulého storočia sa objavili prvé modely, ktoré sa zaoberali problematikou rozvrhovania. Súviselo to s rozvojom hardvéru a softvéru a boli založené na matematickom programovaní. V súčasnosti sú však používané najmä algoritmy:

- **Aproximačné** - sú to algoritmy, resp. postupy, od ktorých neočakávame optimálne riešenie optimalizačnej úlohy, ale je dostačujúce, ak získame riešenie, ktoré sa do veľkej miery tomu optimálnemu približuje.
- **Pravdepodobnostné** - pri práci na algoritmoch, ktoré by mali byť využité na vyriešení problému, zohráva dôležitú úlohu prvok pravdepodobnosti, t. j. užívateľ má možnosť rozhodnúť sa, ktorú z možností pre pokračovanie zvolí.
- **Heuristické** - v tomto prípade sú pri riešení optimalizačnej úlohy využívané heuristiky, čiže hľadanie riešenia je založené na doterajších skúsenostiach, na intuícii, na odhade, a podobne

Ako už bolo spomenuté, pri rozvrhovacích úlohách musíme zvyčajne brať ohľad na určité obmedzujúce podmienky. Vyskytujú sa takmer vo všetkých oblastiach a môžu mať rôzny charakter. Nehovoriac o tom, že sa môžu dotýkať rozvrhovania v ktoromkoľvek kroku, a v jeho ľubovoľnej etape. Okrem toho je vhodné pamätať na ohodnotenie rozvrhu a dodržiavať túto úlohu vždy. Musíme pravidelne vyhodnocovať, do akej miery algoritmus spĺňa stanovené požiadavky, ktoré sú determinované obmedzeniami a v súlade s týmito obmedzeniami pracuje na rozvrhovaní a plní optimalizačnú úlohu.

Z hľadiska rozvrhovacích úloh možno už samotné rozvrhovanie pracovných zmien považovať za pomerne zložité. S narastajúcim počtom zdrojov a času dochádza ku kombinatorickému znásobeniu stavového priestoru, ktorý je potrebné prehliadať. Z toho vyplýva, že hľadanie optimálneho riešenia trvá veľmi dlho a existuje aj vysoká pravdepodobnosť, že globálne optimum ani nebude nájdené. Riešenie týchto NP - úplných problémov môže byť dosiahnuté nedeterministickým Turingovým strojom v polynomiálnom čase, čo zjednodušene znamená, že existujú možnosti overenie riešenia v polynomiálnom čase. Práve z tohto dôvodu je nevyhnutné sa často uspokojiť nie s optimálnym, ale s takmer optimálnym riešením. Prvoradým pri práci na rozvrhu je preto zhodnúť sa na kompromise medzi dobou, ktorá je potrebná na vyriešenie, a konečným výsledkom. Vo všeobecnosti možno konštatovať, že k najväčším zlepšeniam kvality dochádza v úvodných fázach algoritmov a s pribúdajúcim časom býva zlepšenie kvality len výnimočné, resp. dochádza k nemu sporadicky. Závisí od charakteru problému, aký výsledok je pre jeho vyriešenie dostatočný, respektíve s akým bude riešiteľ spokojný. Buď môže uprednostniť kvalitnejší rozvrh napriek tomu, že práce na jeho zostavení budú dlhé, alebo sa rozhodne pre o čosi menej kvalitný rozvrh, ktorý ale vyhovuje požiadavkám a ktorý bude vypracovaný za čas, ktorý je akceptovateľný.

Podmienky, resp. obmedzenia riešenia úlohy je možné rozčleniť do dvoch skupín, a to na tvrdé a mäkké. V prípade porušenia tvrdých podmienok dospejeme k riešeniu, ktoré nie je uskutočniteľné. Ak porušíme mäkké obmedzenia, prejaví sa to na znížení kvality riešenia.

Ako bolo povedané, rozvrhovaciu úlohu možno nájsť v takmer každej činnosti, či podnikateľskej aktivite, avšak v niektorých segmentoch jej nie je kladená dostatočná pozornosť. Už v práci Rosocha et al. (2015) sme sa zameriavali na rozhodovací problém z hľadiska optimálneho rozvrhnutia pracovných zmien zamestnancov gynekologicko-pôrodnického oddelenia s cieľom minimalizovať náklady a súčasne splniť viaceré obmedzujúce podmienky. Tvrdé obmedzenia sa týkali pracovných a legislatívnych

podmienok, zatiaľ čo mäkké obmedzenia brali do úvahy preferencie doktorov, ktoré ovplyvňovali ich spokojnosť a kvalitu života.

Súčasťou práce vedúcich pracovníkov, ktorí pôsobia v nepretržitej prevádzke, je nielen plánovanie zmien svojich podriadených zamestnancov, ale aj využívanie jednotlivých zariadení. Obzvlášť to platí v nemocniciach, kde od prítomnosti zdravotného personálu a krátkych čakacích dôb často závisia ľudské životy. Prevádzka, v ktorej zamestnanci pracujú rozdelení do zmien, môže mať niekoľko podob. Pracovisko môže byť založené na využívaní dvoch či troch zmien, avšak vo väčšine nemocníc musí byť zabezpečená neustála opatera, čo znamená, že zdravotníci i zariadenia musia pracovať v nepretržitej prevádzke. Zjednodušene ju možno popísať tak, že o pacientov musí byť postarané rovnako cez deň, ako aj v noci. Pre zabezpečenie kvality tejto starostlivosti je preto nevyhnutné, aby v každom okamihu bolo na každom oddelení dostatok kvalifikovaných pracovníkov, a tí poskytovali na dostupných zariadeniach prvotriednu starostlivosť. Tento zámer možno samozrejme naplniť len vtedy, ak je k dispozícii vhodné rozvrhnutie pracovných zmien nielen krátkodobo, ale aj dlhodobo a kontinuálne. Na prvý pohľad môže predmetná úloha vyzeráť jednoducho, avšak celého procesu vstupuje niekoľko zásadných činiteľov a predpokladov, ktoré rozvrhy značne sťažujú. Je potrebné pamätať napríklad na maximálny počet odpracovaných hodín v mesiaci v zmysle zákonníka práce, maximálny počet po sebe idúcich odpracovaných hodín a povinnosť následne čerpať príslušný počet hodín pracovného voľna. Okrem týchto podmienok existuje viacero ďalších, ktoré sú stanovené platnou legislatívou, ale aj požiadavkami personálu, či technickými obmedzeniami zariadení.

Táto práca sa však nesústreďuje iba na rozvrhovanie personálu z hľadiska jeho preferencií, ale aj na jeho optimálne rozloženie na jednotlivé pracoviská tak, aby bol minimalizovaný počet personálu a čakací čas pacientov, teda klientov zdravotníckeho zariadenia. Okrem vysokých ekonomických nákladov čakajúceho a neliečeného obyvateľstva totiž môže vysoká čakacia doba na špecifické vyšetrenie v niektorých prípadoch znamenať i ohrozenie života pacienta. Je preto prirodzené, že klienta nezaujímajú priamo náklady zariadenia na jeho ošetrovanie, ale predovšetkým kvalita poskytnutej služby a doba čakania na ňu. A spokojný zákazník je v súčasnom vysoko konkurenčnom prostredí meradlom výkonnosti a základným kameňom úspechu každej organizácie.

1.5 Rozvrhovanie v zdravotníckych zariadeniach

V posledných rokoch väčšina nemocníc na Slovensku čelí výraznému tlaku na zvyšovanie výkonnosti a efektivity svojho hospodárenia. To núti vedúcich pracovníkov, aby sa sústredili na hľadanie účinných a efektívnych spôsobov plánovania a rozvrhovania svojej pracovnej sily, keďže viac ako polovica prevádzkových nákladov v nemocniciach súvisí s práve s personálom.

Nájsť spôsoby, ako znížiť náklady na pracovnú silu bez toho, aby to malo negatívny vplyv na zdravie a spokojnosť pacientov, je mimoriadne dôležitou úlohou poskytovateľov zdravotnej starostlivosti. Vzhľadom na prítomnosť neistoty v rozhodovaní a vysokú fluktuáciu denných požiadaviek na starostlivosť, je veľkosť plánovanej pracovnej sily v nemocniciach často nedostatočná. Viaceré štúdie naznačujú, že práve nedostatočná zamestnanosť znižuje kvalitu starostlivosti a zvyšuje čakaciu dobu pre pacientov ako aj dĺžku pobytu, čo môže spôsobiť ďalšie zvýšenie pracovnej záťaže personálu (Aykin, 2000, Kuo, 2014, Zeltyn a kol. 2011). Možné následky takéhoto stavu sú nespokojnosť personálu a zvýšený počet absencií v dôsledku choroby a vyhozenia. Navyše sa môže zvýšiť miera obratu kvalifikovaného a skúseného personálu. Naproti tomu nadmerná zamestnanosť vedie k neuspokojivej úrovni personálneho využívania, čo zbytočne zvyšuje náklady na poskytovanie zdravotnej starostlivosti. Plánovanie lekárov efektívnejším a modernejším spôsobom môže pomôcť nájsť primeranú rovnováhu medzi nadmerným počtom a nedostatkom zamestnancov.

Zatiaľ čo plánovanie lekárov je súčasťou väčšieho odvetvia personálneho plánovania, vykazuje veľa vlastností, ktoré ho odlišujú od iných tém v oblasti štandardného personálneho plánovania. Lekári predstavujú jeden z najcennejších a najdrahších zdrojov v nemocniciach a sú základom procesu poskytovania starostlivosti. Po absolvovaní náročného vzdelávania sú kvalifikovanými a špecializovanými zamestnancami, ktorí sa zvyčajne ťažko nahradia. V dôsledku toho majú lekári zvyčajne nielen kolektívne pracovné zmluvy, ale aj individuálne dohodnuté dohody so svojim zamestnávateľom (Charles et al., 2013). Tieto aspekty vedú k čiastočnému presunu moci od manažmentu k lekárom, čím sa zvyšuje dôležitosť pre zamestnávateľa dodržiavať preferencie zamestnancov a zmluvné dohody, ako aj poskytovať lekárom vysokú autonómiu vo vzťahu k výkonu úloh a postupnosti. Celkovo táto relatívna rovnováha výkonu medzi manažmentom a zamestnancami zvyčajne komplikuje problém s plánovaním ich pracovných časov a modelovanie preferencií hrá v predmetnej úlohe veľký význam.

Vzhľadom na povahu zdravotníckych služieb môžu byť úlohy a procesy v zdravotnej starostlivosti štandardizované len čiastočne. Pacienti sú extrémne heterogénni z hľadiska ich zdravotných podmienok, dostupných informácií o stave a citlivosti na rôzne formy liečby, čo zvyšuje význam skúseností a pokračujúceho lekárskeho vzdelávania. Takže vzdelávanie a program atestácií pri mladších lekároch rovnako ovplyvňujú modely plánovania výkonov a služieb. V tomto odvetví súčasne platí, že dopyt po starostlivosti je veľmi nestály a vyskytuje sa 24 hodín denne. Nemocnice čelia nerovnakým rozdeleniam pracovných zaťažení v priebehu dňa, čo vedie k ťažkostiam pri vytváraní a uplatňovaní vhodných návrhov posunu (McManus a kol. 2003). Zatiaľ čo všetky uvedené aspekty robia plánovanie lekárov pomerne odlišné od všeobecných rozvrhovacích problémov, je pravda, že existujú určité odvetvia, ktoré majú jeden alebo niekoľko aspektov spoločných so zdravotnou starostlivosťou. Kombinácia všetkých týchto aspektov je však jedinečná.

Napriek skutočnosti, že problémom s rozvrhovaním výkonov zdravotníckeho personálu a lekára sa za posledné desaťročia venuje čoraz väčšia pozornosť, existuje ešte mnoho otázok, ktoré je potrebné preskúmať. Hlavné ciele v úlohách s rozvrhovaním výkonov zdravotníckeho personálu môžu byť buď finančné alebo nefinančné. Finančné ciele sú vyjadrené v peňažných jednotkách a odvodzujú sa od ekonomických stimulov nemocnice. Naopak, nefinančné ciele sa môžu sústrediť na jednotlivé aspekty pracovníkov a pacientov a vyžadujú si sofistikovanejšie opatrenia. Medzi opatrenia týkajúce sa zamestnancov patria pracovné podmienky, ako napríklad zníženie počtu nadčasových hodín, ako aj rôzne aspekty spravodlivosti v podobe rovnomerného rozloženia pracovného zaťaženia, nepopulárnych výkonov alebo práca cez víkend. Finančným cieľom pri zameraní sa na personálne problémy môže byť napríklad zníženie celkových mzdových nákladov. Oproti tomu môžu byť nefinančné aspekty zohľadnené zabezpečením pokrytia starostlivosti v každom období v plánovacom horizonte, aby sa zabránilo nadmernému pracovnému zaťaženiu personálu a dlhému čakaniu pacientov. Opatrenia týkajúce sa pacientov možno rozdeliť byť priame alebo nepriame. Príkladom priamych opatrení týkajúcich sa pacientov je minimalizácia času hospitalizácie pacientov tak, aby sa zabezpečila kontinuita starostlivosti, miery zrušenia zákrokov a čakacie doby. Ďalšie opatrenia, ako napríklad nadčasové hodiny a spokojnosť s prácou lekárov, majú nepriamy vplyv na náklady, ako aj na kvalitu poskytovanej služby pacientovi. Je teda zrejmé, že problém optimalizácie rozvrhu môže obsahovať finančné aj nefinančné ciele súčasne.

Najmä v prípade nefinančných cieľov je bežné používať multikritériálnu účelovú funkciu, ktorá zohľadňuje viaceré vážené ciele. Porušenia mäkkých obmedzení sa merajú

rozhodujúcimi premennými a penalizujú v nákladovej funkcii. Tvrdé obmedzenia môžu byť rozlíšené na povinné obmedzenia a obmedzenia pracovného zaťaženia. Povinné obmedzenia obsahujú pravidlá upravujúce pracovné podmienky personálu a zvyčajne sa stanovujú podľa právnych predpisov alebo interných pravidiel nemocníc. Obmedzenia pracovného zaťaženia sú podkategóriou povinných obmedzení, ktoré sa zaoberajú špecifickými pracovnými podmienkami pre každého zamestnanca jednotlivo, ako napríklad vymedzenie dolnej a hornej hranice denných pracovných hodín, respektíve po sebe nasledujúcich pracovných dní. Príklady povinných obmedzení a obmedzení pracovného zaťaženia môžu byť (Erhard a kol. 2017):

- Uspokojenie dopytom - požadovanej úrovne starostlivosti musí byť pokrytá v každom období plánovaného obdobia.
- Jedna zmena v jednom čase - jeden lekár môže byť pridelený maximálne na jednu zmenu.
- Žiadna spätná rotácia - večerné alebo nočné služby nesmú byť nasledované ranným nástupom v nasledujúci deň.
- Minimálny odpočinok - medzi dvoma pracovnými dobami musí byť zabezpečená minimálna doba odpočinku.
- Špecifické obmedzenia služieb - nastavenie hornej hranice počtu priradení konkrétnemu typu služby pre každého lekára.
- Koridory pracovného času - nastavenie horných a dolných hraníc pre počet pracovných hodín pre každého lekára.

Na rozdiel od vyššie uvedených tvrdých obmedzení existujú aj rôzne mäkké obmedzenia, týkajúce sa napríklad preferencií a vnímanej spravodlivosti. Medzi ne patria napríklad (Erhard a kol. 2017):

- Stabilné rozpisy - uprednostňované sú rozpisy, ktoré neobsahujú veľa zmien, napríklad v typoch služieb a priradeniach na jednotlivé pracoviská.
- Uprednostňovaný pracovný úsek - určitý počet po sebe idúcich pracovných dní by sa nemal prekročiť bez toho, aby mal pracovník aspoň jeden alebo dva dni voľna.
- Víkendy bez služieb - určitý počet víkendov by mal byť pre každého lekára voľný.
- Voľno po pracovných víkendoch - po službe cez víkend by nemali byť nasledovať pracovné dni.
- Limity nočných služieb - celkový počet nočných služieb a počet po sebe idúcich nočných služieb by mal byť obmedzený.

- Špecifické limity dĺžky služieb - náročné úlohy by mali mať z dôvodu ich zložitosti znížiť maximálnu dĺžku služby.

Rovnomerné rozdeľovanie nepopulárnych služieb a uspokojovanie individuálnych nárokov zamestnancov možno tiež považovať za mäkké obmedzenia ako napríklad:

- Schválené žiadosti - vyhovieť nárokom na voľné dni, dovolenku a konkrétnym žiadostiam o služby.
- Rovnaké rozdelenie nepopulárnych služieb - počas celého rozvrhu by mali byť neobľúbené služby (víkend, sviatok a pod.) rozdelené rovnako medzi všetkých lekárov.
- Rovnaké rozdelenie voľných víkendov - voľné víkendy by mali byť rozdelené spravodlivo a rovnomerne medzi zamestnancov.

Je pravda, že v závislosti od špecifického problému je možné, aby niektoré obmedzenia boli preformulované ako tvrdé alebo ako mäkké. Preformulovania tvrdých obmedzení na mäkké obmedzenia s vysokými sankciami v nákladovej funkcii má určité výhody. Umožňuje nájsť a analyzovať uskutočniteľné riešenia problémových situácií, v ktorých dostupné personálne zdroje nestačia na splnenie všetkých obmedzení, ktoré by za normálnych okolností boli považované za tvrdé obmedzenia (napr. minimálny odpočinok, obmedzenia služieb atď.).

Ak sa zameriame na pracovný čas, vo všeobecnosti platí, že väčšina autorov vo vedeckej literatúre zameranej na rozvrhovanie zdravotníckych zamestnancov analyzuje rôzne formy vopred definovaných služieb. Kým Rousseau a kol. (2002) a Al-Najjar a Ali (2011) skúmajú tri neprekrývajúce sa osemhodinové služby, ktoré pokrývajú celý deň, Sinreich a Jabali (2007) analyzujú dve dvanásťhodinové typy služieb. Oproti tomu Puente a kol. (2009) využívajú dve sedemhodinové a jednu desaťhodinovú službu na riešenie variability dopytu po zdravotnej starostlivosti. Topaloglu (2008) zas aplikuje uplatňuje jednu desaťhodinovú a jednu 14-hodinovú službu. Van Huele a Vanhoucke (2014) uplatňujú iba len jeden typ služby od 8.00 do 16.00 hod. tak, aby naplánovali objednaných pacientov v rámci oddelenia chirurgie. Carracaso (2010) sa zameriava na pridelenie troch rôznych pohotovostných služieb pridelených lekárom okrem ich bežného pracovného zaťaženia. Ďalšie príklady rozvrhovania poskytujú Samah a kol. (2012) a Ferrand a kol. (2011).

Ako bolo spomenuté vyššie, dôležitou súčasťou rozvrhovania je aj zachovanie spravodlivosti. Spravodlivosť môže byť rozdelená na rovnomerne rozložené pracovné

zaťaženie vrátane priradenia nepopulárnych zmien a vyváženého schvaľovania špecifických žiadostí o služby zamestnancov. Jednotlivé preferencie výberu môžu zahŕňať žiadosti o pracovné dni, dni voľna, či žiadosti i vykonávanie špecifických zákrokov (napr. z dôvodu získania špecializácie). Spravodlivosť zaťaženia sa zvyčajne orientuje na pracovné úkony pracovníkov z hľadiska rovnomerného rozdelenia služieb a pracovného času.

V praxi je dopyt po lekároch závislý od mnohých neistých faktorov, napr. pri mimoriadnych udalostiach, náročných zákrokoch alebo neočakávaných absenciách (Omar a kol. 2015, Fügner a kol. 2017). V literatúre sa dopyt zvyčajne považuje za vstupný parameter, ktorý môže byť deterministický alebo stochastický. Dopyt po lekároch môže závisieť na z viacerých faktoroch, napríklad zo počtu či type pacientov, plánovaných zákrokov a pod. Zvyčajne sú odhady a prognózy pacientov založené na historických údajoch, zatiaľ čo cieľové úrovne sú definované manažmentom nemocnice.

V najjednoduchšej podobe sa dopyt po personáli považuje za deterministický, avšak prax ukazuje, že dopyt po starostlivosti vykazuje krátkodobé a dlhodobé sezónnosti a je takmer vždy stochastický. V niektorých situáciách však modely, ktoré predpokladajú deterministický dopyt, fungujú dobre a sú použiteľné. Vzhľadom na neisté rozdelenie príchodov pacientov Ganguly a kol. (2014) rozvrhuje personál s rôznymi úrovňami zručností na pohotovostnom oddelení pomocou dvojstupňového modelu pridelovania zamestnancov. V druhom kroku sa personálne úrovne lekárov zhodujú s úrovňou potrebnou pre pacientov, v dôsledku čoho sa vytvárajú kvalitné rozvrhy založené na základných pravidlách personálneho zabezpečenia, ktoré vyvažujú kvalitu služieb a personálne náklady. Anderson a Gamarnik (2015) analyzujú a vyhodnocujú rezidentný rozvrhovací plán na onkologickom oddelení. Cieľom ich štúdie je porovnať vplyv dvoch rôznych plánovacích politík na počet preradených pacientov a vstupnú kapacitu. Výsledky naznačujú, že kapacita pre vstup sa zvyšuje pri každodennom prijímaní, ale existuje aj prahová hodnota, pri ktorej je počet preradených pacientov nižší ako pri dlhých službách. Rossetti et al. (1999) používajú pri zameraní sa na pohotovostné oddelenie simulačný model na overenie účinku rôznych modelov priradenia lekárov na zákroky, ako aj na využitie požadovaných zdrojov. Uplatňovanie najlepšej stratégie zostavovania rozvrhu podľa autorov viedlo k zníženiu času stráveného pacientom v zariadení, ako aj k zvýšeniu využitia pracovnej sily.

Je zrejmé, že najdôležitejšou súčasťou výskumu je aplikácia odvodených teoretických poznatkov v prostrediach reálneho života a v praxi. Testovanie uskutočniteľnosti a realizovateľnosti navrhovaných procesných úprav a platnosť použitých predpokladov slúži ako prostriedok na vytvorenie spätnej väzby medzi odborníkmi a

vedcami. Nedávnym príkladom takejto úzkej spolupráce je aj výskum Fügenera a kol. (2015), ktorý sa zaoberá problémom s rozvrhovaním doktorov v podobe pridelovania špecifických povinností konkrétnym pracovníkom a následne alokuje zamestnancov na príslušné pracoviská. Ich implementované softvérové riešenie sa v súčasnosti vo veľkej miere aplikuje aj v praxi a výsledky ukazujú vynikajúcu výkonnosť v porovnaní s manuálnym prístupom z hľadiska schválených žiadostí o zmenu služieb a zvýšenia spokojnosti zamestnancov.

Nezanedbateľným faktorom pri formulovaní problému s rozvrhovaním zamestnancov je aj počet skúmaných zariadení. I keď väčšina autorov sa zaoberá jedným pracoviskom, Al-Najjar a Ali (2011) analyzujú pohotovosti dvoch nemocníc a Sinreich a Jabali (2007) modelujú rozvrhy pohotovostných oddelení až piatich rôznych nemocníc v dvoch krajinách. Zameranie na viac zariadení nastavenie je obzvlášť dôležité pre plánovanie potreby vzdelávania lekárov, respektíve v prostredí s viacerými výučbovými klinikami. Okrem pozitívnych účinkov implementácie nových metód rozvrhovania, ako napríklad znižovania nákladov na pracovnú silu a počtu manuálnych prác s rozvrhovaním súvisiacich, existujú v implementačnom procese aj niektoré ťažkosti. Nemocnice mávajú zvyčajne prísne hierarchické štruktúry so zložitými rozdeleniami zodpovednosti, ktoré môžu brzdiť schopnosť rýchlo prijímať nové a inovatívne postupy. Komplikované v praxi býva i vytváranie užívateľských rozhraní na zadávanie individuálnych preferencií, pracovných zmlúv a špecifických predpisov nemocnice. Okrem toho je potrebné zdôrazniť, že úsilie o implementáciu automatických rozvrhovacích systémov od skúšobnej fázy až po plne funkčné softvérové riešenie je pomerne nákladné a časovo náročné. Systémy s rôznymi zaangažovanými oddeleniami (napríklad ľudské zdroje, účtovníctvo a kontroling) musia byť integrované v súlade s ich požiadavkami. Prechod na nový systém taktiež nesmie narúšať každodenné fungovanie, čo si vyžaduje rozsiahle testovanie chýb. Okrem toho, výhody vyplývajúce z automatizovaného a optimalizovaného plánovania sú často nepriame, dlhodobé a ťažko sa kvantifikujú na peňažné prostriedky, čo môže spôsobiť, že manažéri nemocníc sa významným investíciám do tejto oblasti vyhýbajú.

Keďže sa však s rastúcou úrovňou zdravotnej starostlivosti a starnúcim obyvateľstvom vo vyspelých krajinách bezpochyby dajú predpokladať aj s rastúce náklady na zdravotnú starostlivosť, v budúcnosti sa bude neustále zvyšovať aj potreba výrazného zlepšenia výkonnosti a efektívnosti personálneho plánovania zdravotníckych zamestnancov. Zároveň by sa však intenzívnejší výskum v tejto oblasti mohol ukázať ako veľmi prínosný pre ďalšie plánovacie a rozvrhovacie procesy nemocníc.

Výrazy „sestrička“ alebo „zdravotnícky pracovník“ sa v priebehu rokov používali na pokrytie mnohých typov problémov s plánovaním zdravotníckeho personálu. V literatúre (napr. Bradley – Martin, 1990) sa výrazy „personálne obsadenie“ a „rozvrhovanie“ používajú na zvládnutie rôznych úrovní rozhodovania. Prijatie manuálnych či automatizovaných metód plánovania je dôležitým rozhodnutím, ktoré vedie k odlišným riešeniam. Warner (1976) rozlišuje 3 hlavné oblasti výskumu rozhodnutí o pracovnej sile: personálne obsadenie, rozvrhovanie a prerozdelenie zdravotníckeho personálu. Pre plánovaciú časť problému je definovaných päť rôznych kritérií:

- pokrytie: aké odlišné sú požadované a plánované počty ľudí na konkrétnu úlohu.
- kvalita: aké spravodlivé sú plány, aká je dĺžka pracovného času.
- stabilita: spôsob, akým personál vníma rozvrhy (z hľadiska konzistentnosti, predvídateľných dní a práce cez víkend).
- flexibilita: ako dobre sa systém dokáže prispôbiť zmenám v prostredí.
- náklady: koľko zdrojov sa pri rozhodovaní spotrebuje (napr. čas manažéra personálu alebo čas počítača).

Je veľmi zaujímavé kombinovať tieto kritériá na hodnotenie harmonogramov, pretože sa týkajú viacerých porovnateľných štandardov. Z hľadiska časového rozvrhu nemocníc má zmysel brať do úvahy predovšetkým širokú interpretáciu nákladov na vytvorenie rozvrhu. Bolo by však rozumné pridať do zoznamu i ďalšie kritériá, ako napríklad osobné náklady. Takmer všetky kritériá sa však dajú zmerať veľmi ťažko. Warner (1976) porovnáva tri prístupy plánovania s 5 kritériami:

- V tradičnom prístupe sa plány generujú ručne. Táto politika je flexibilná, čo je však jej jedinou výhodou, pokiaľ ide o kritériá.
- Cyklické plánovanie vo všeobecnosti poskytuje dobré plány, ale nemôže ľahko vyriešiť osobné požiadavky.
- Počítačom generované tradičné plánovanie umožňuje rýchle a komplexnejšie vyhľadávanie dobrých plánov. Výhody tohto prístupu sú, vzhľadom na všetky zvažované kritériá, vysoké. Vždy však existuje možnosť hybridizácie prístupov (alebo niektorých vlastností tradičných prístupov) s prepracovanejšími modernými technikami tak, aby sa vytvorili ešte lepšie metódy.

Tien a Kamiyama (1982) uvádzajú zoznam algoritmov plánovania personálu, ktoré nie sú obmedzené výhradne na zdravotnú starostlivosť. Mnohé z nich sú založené na

metódach pokusov a omylov. Autori sa sústreďujú na plánovanie nemocníc v Spojených štátoch. Obzvlášť zaujímavý príspevok spočíva v tom, že rozdeľujú problém s plánovaním pracovnej sily na päť samostatných etáp:

- stanovenie časových požiadaviek na pracovnú silu,
- celková požiadavka na pracovnú silu,
- rekreačné bloky,
- rozvrhnutie rekreácie,
- práce a rozvrhnutie zmien.

Etapy 1 a 2 sú rozhodnutia manažmentu (nazývané tiež problém s rozdelením pracovných síl), ktoré patria do dlhodobej personálnej časti problému. Obe fázy zvažujú definíciu nemocničných požiadaviek a výber zdrojov. Etapy 3 až 5 zahŕňajú celú krátkodobú časť problému, ktorá zohľadňuje preferencie a obmedzenia týkajúce sa osobných plánov. Možno však konštatovať, že toto rozdelenie je často príliš zjednodušené na to, aby zachytilo všetky charakteristické rysy problémov moderného zostavovania sestier. Sitompul a Randhawa (1990) sa naopak sústreďujú na finančné náklady a ich cieľom je znížiť osobné náklady. Charakteristiky plánovania pracovnej sily v nemocniciach sú kolísavý dopyt, ľudské úsilie (ktoré sa nedá determinovať) a kritické pohodlie zákazníka, zatiaľ čo plány podliehajú rôznym obmedzeniam. Definujú fázy plánovania zdravotníckeho personálu:

- Určíte skupinu realizovateľných plánov, ktoré spĺňajú obmedzenia.
- Vyberte najlepší rozvrh z hľadiska nákladov, pokrytia a / alebo iných kritérií.

Personálne zabezpečenie nemocnice zahŕňa určenie počtu zamestnancov s požadovanými zručnosťami tak, aby sa splnili predpokladané požiadavky na efektívnu prevádzku zariadenia. Tento proces sa nazýva aj rozvrhovanie pracovnej sily v inom prostredí plánovania zamestnancov, ako je plánovanie výroby a doprava. V praxi je však niekoľko podobných vzájomne prepojených úvah veľmi komplikovanou úlohou. Sledované faktory zahŕňajú organizačnú štruktúru a jej charakteristiky, nábor personálu, kategórie zručností personálu, pracovné preferencie (Gray, McIntire – Doller, 1993), potreby pacientov a špecifické okolnosti v konkrétnych ošetrovateľských jednotkách. Ďalším významným personálnym rozhodnutím je vymedzenie pracovných dohôd pre pracovníkov na kratší pracovný čas a rozhodnutie, či je povolené striedanie kategórií (a pre ktorých ľudí).

V skutočných situáciách sa rozpočtové a personálne rozhodovanie často uskutočňuje na rôznych úrovniach a pre úplne odlišné časové horizonty.

Mnoho vedcov preto rozložilo problém so zostavovaním pracovných rozvrhov v zdravotníckych zarodeniach na fázy (Sitompul – Randhawa; 1990). Interakcia medzi úrovňami je určite nevyhnutná, ale v praxi by bolo nepraktické mapovať ich neustále. Zamestnanci sú zvyčajne najímaní na dlhšie obdobie, než je krátkodobý rozpis služieb a napriek tomu, že rozhodnutia o personálnom zabezpečení a riadení nemocníc presahujú rámec tejto práce, uvádzame stručné zhrnutie niektorých kľúčových poznatkov, najmä z dôvodu vplyvu rôznych druhov vstupných údajov na krátkodobý problém so zostavovaním personálu. Už v roku 1963 predstavili Wolfe a Young (1965) model na minimalizáciu nákladov na priradenie sestier rôznych kvalifikačných kategórií k rôznym úlohám. Warner (1976) sa okrem vysporiadania s rozpismi zaoberá aj personálnym obsadzovaním. Autor určuje problém s personálom ako každoročné rozhodnutie, v ktorom možno zohľadniť sezónne výkyvy. Pozostáva z určenia vhodného počtu zdravotníckeho personálu ekvivalentného pre každú kategóriu zručností. Navrhuje metodológiu rozhodnutia o obsadzovaní zamestnancov a mnoho nemocníc ju aj v súčasnosti akceptuje (s výhradou malých úprav). Po fáze plánovania prichádza krok prerozdelenie zdravotníckeho personálu. Táto fáza je doladením odbornej prípravy a plánovania. Zahŕňa určovanie toho, ako sú doktori a sestry priradené k jednotkám na základe nepredvídateľných zmien alebo neprítomnosti. Warner je presvedčený, že kombinácia troch etáp na konci vedie k lepšej politike plánovania. Jeho práca predstavuje kľúčový príspevok k personálnemu obsadzovaniu zdravotníckych zamestnancov.

De Vries (1987), vyvinul kontrolný rámec riadenia s cieľom vyváženia ponuky a dopytu po ošetrovateľskej starostlivosti. Na základe jeho výsledkov možno konštatovať, že namiesto prísnej rovnováhy existuje prijateľný rozsah rovnováhy medzi ponukou a dopytom. Autor vypočítava skutočné využitie kapacity zdravotníckeho zariadenia vydelením pracovnej záťaže za hodinu dostupným personálom za hodinu. Za určitých predpokladov by mohli platiť jednotné kritériá pre všetky oddelenia v nemocnici. Môžu sa však zaznamenať rozdiely v pracovnej záťaži medzi oddeleniami, čoho výsledkom musí byť mechanizmus koordinácie medzi jednotlivými oddeleniami. Výkonnosť rámca bola testovaná na skutočných príkladoch a stabilita sa mohla v niekoľkých prípadoch zlepšiť hlavne kvôli flexibilita nastavovania parametrov a vďaka odborným znalostiam, ktoré sa používajú na predpovedanie pracovnej záťaže.

Rôzne nemocnice na celom svete majú do veľkej miery odlišné administratívne postupy, ktoré vedú k veľmi odlišným typom problémov so zostavovaním personálnych rozvrhov. Centralizované rozvrhovanie je termín, ktorý sa niekedy používa na opis situácie, keď jedno administratívne oddelenie v nemocnici vykonáva všetok rozvrhnutie personálu. Zbavuje vedúcich pracovníkov časovo náročnej úlohy zostavovania rozvrhu na pravidelnom základe. Hlavnou výhodou tohto prístupu je príležitosť na zníženie nákladov prostredníctvom lepšieho využívania zdrojov. Centralizované rozvrhovanie však trpí množstvom obmedzení: personál môže mať pocit, že požiadavky centrálného oddelenia nie sú zahrnuté do kariérneho postupu, že zoznamy sú nespravodlivé, alebo že existuje nejaké zvýhodnenie. Ak sú konkrétni vedúci plánovacích jednotiek zodpovední za generovanie harmonogramu, procesné časy sa nazývajú jednotkové plánovanie.

Samo-plánovanie je pojem, ktorý sa niekedy používa na opis situácie, keď je rozvrh práce personálu tvorený samotným personálom manuálne (často s malou alebo žiadnou počítačovou podporou). V tomto ohľade sa občas používa aj pojem „interaktívne plánovanie“. Ručné vytváranie pracovných plánov bolo v našich podmienkach z hľadiska optimalizácie nákladov dlhodobo vo všeobecnosti prijímané v zdravotníckych zariadeniach ako štandardné riešenie. Takéto plánovanie je však časovo výrazne náročnejšie ako automatické, avšak má výhodu v tom, že zamestnanci často pri vytváraní rozvrhu spolupracuje a dopĺňa svoje pripomienky. Zatiaľ čo jednotliví členovia personálu vyjadrujú svoje preferencie, týkajúce sa harmonogramu, a pomáhajú nastaviť počet požadovaných preferencií, personálny manažér zabezpečí, aby boli splnené požiadavky nemocnice. Ide o postup, ktorý je veľmi náročný na pracovnú silu, a pri ktorom zamestnanci determinujú svoje preferencie a kontinuálne rokujú o finálnej podobe daného rozvrhu. Nielen medicínska prax, ale aj niektoré štúdie ukazujú, že samo-plánovanie má značné nedostatky. Napríklad Silvestro a Silvestro (2000) tvrdia, že tento proces môže ľahko viesť k nadmernému alebo nedostatočnému počtu zamestnancov, ako aj k tomu, že sa plán zostavuje hlavne pre pohodlie zamestnancov a že neexistujú žiadne formálne postupy na riešenie potenciálnych konfliktov medzi cieľom zamestnancov a samotného zariadenia. V praktických problémoch s rozmiestnením zdravotného personálu, ktoré autori študovali, identifikujú 4 kľúčové determinanty zložitosti predmetného usporiadania:

- veľkosť oddelenia (meraná počtom zamestnancov).
- predvídateľnosť dopytu po službe (meraná pomerom plánovaných a akútnych zákrokov).

- variabilita dopytu (na základe dĺžky pobytu pacienta a stupňa zložitosti požiadavky na obsadzovanie výkonov počas pracovného týždňa).
- zložitosť kombinácie zručností (meraná na základe stupňa flexibility kategórie zamestnancov a zložitosti špecifikácie požiadaviek na tím).

V praxi je determinácia intenzity problémov so zostavovaním rozvrhu zdravotníckeho personálu a nedostatok poznatkov o nevyhnutnej štruktúre väčšiny z nich prekážkou použiteľnosti presných optimalizačných metód. Napriek tomu bolo vyvinutých množstvo heuristik na získanie vysoko kvalitných harmonogramov v reálnom svete a v prijateľnom čase riešenia aj bez explicitného matematického modelu. Uplatniteľnosť heuristických algoritmov plánovania si vyžaduje jasnú formuláciu požiadaviek nemocnice. Je potrebné jednoznačne kvantifikovať kvalitu rôznych plánov. Heuristické plánovanie tak pozostáva z niekoľkých krokov, ktoré sú nevyhnutné aby sa vytvoril plán, ktorý rešpektuje obmedzenia stanovené nielen legislatívou, ale aj samotným zariadením a jeho zamestnancami (napr. Randhawa – Sitompul, 1993). Väčšina heuristik bola preto vyvinutá na generovanie cyklických plánov a často napodobňujú spôsob pokusu a omylu, pri ktorom zodpovedná osoba zostavuje plán ručne.

Smith (1976) predstavil interaktívny algoritmus, ktorý pomáha plánovačovi zostaviť cyklický rozvrh. Algoritmus zohľadňuje obmedzenia pracovného času a legislatívnych obmedzení a určuje počet zamestnancov, ktorých by bolo z dlhodobého hľadiska možné prijať alebo prepustiť zo zamestnania.

Univerzálna heuristika pre cyklické plány sa preto v skutočnosti vytvoriť veľmi pravdepodobne nemôže. Smith a Wiggins (1977) vyvinuli softvérový systém využívajúci techniky spracovania zoznamov, ktoré generujú necyklické mesačné plány pre niekoľko kategórií zručností, čo umožňuje rôzne druhy práce na čiastočný úväzok. Rozvrhy sú vypracované podľa osôb a spĺňajú požiadavky na zamestnancov striedaním dní voľna. Model obsahuje značné množstvo obmedzení ako preferenčné požiadavky na konkrétne dni či dni voľna. Umožňuje tiež špecifikovať typ dovolenky, čo je zaujímavá vlastnosť pre zdravotnícky personál a zriedka sa zohľadňuje v obdobných modeloch. Ďalším pozitívnym prvkom je interaktivita systému. Používatelia môžu manuálne meniť vygenerované plány. Aickelin a Dowsland (2000) zase generujú všetky možné vzorce posunu v dvojtyždňovom období. Hodnotia ich s ohľadom na preferencie personálu. V druhom kroku sa používa algoritmus cyklického klesania s cieľom nájsť optimálny celkový rozvrh s jedným zo 60

najlepších vzorov pre každého zamestnanca sestru. Tento prístup je vyvinutý pre oddelenia s tromi kategóriami zručností, v ktorých je nahraditeľnosť hierarchická. Problém aj model sú porovnateľné s problémami, ktoré predložili už Blau and Sear (1983) avšak títo autori brali do úvahy aj nadmernú a nedostatočnú zamestnanosť, zatiaľ čo Aickelin a Dowsland považujú riešenia s nedostatkami pokrytia pracovnej doby za nerealizovateľné. Výhodou je, že autori sa snažia o vyrovnanie rozdelenia nepopulárnej práce popri frekvencii, s akou sa zamestnancom pridelujú žiadosti o zmeny alebo dni. Toto bol jeden z prvých pokusov o rovnomerné zaobchádzanie s personálom s ohľadom na jeho pracovné zaťaženie a preferencie.

Anzai a Miura (1987) na druhej strane predložili algoritmus cyklického zostupu pre oddelenie, v ktorom sú všetci zdravotnícki pracovníci rovnakí, pokiaľ ide o ich zručnosti a pracovné predpisy. Autori tvrdia, že ich model je navyše vhodný aj pre praktické aplikácie. Riešia problém rozvrhovania personálu v dvoch fázach. V prvom kroku sa vypočítajú skupiny realizovateľných plánov. Skupiny rešpektujú minimálne požiadavky na počet zamestnancov a každý jednotlivý rozvrh spĺňa všetky hlavné pracovné obmedzenia. V druhej fáze sa počíta najlepšie možné „skóre averzie“, ktoré je založené na preferenciách jednotlivých zamestnancov. Všetky kategórie zručností sú naplánované nezávisle, čo vedie k rozkladu na čiastočné problémy. Moderná prax zostavovania pracovných rozvrhov však obvykle nie je zlučiteľná s týmto typom prístupu.

Schaerf a Meisels (1999) predstavili všeobecnú definíciu problémov rozvrhovania zamestnancov na zmeny. Zmeny stanovili ako preddefinované časové obdobia, ktoré môžu byť umiestnené kdekoľvek na časovej osi. Model obsahuje prísne obmedzenia prekrytia, ale umožňuje flexibilitu vzhľadom na časové obmedzenia. Problém spočíva v presnom stanovení potrieb a časových obmedzení, zatiaľ čo sa snaží splniť preferencie v jednotlivých úlohách.

Na základe analyzovanej literatúry, ako aj osobných skúseností, sme dospeli k názoru, že veľmi vhodným prístupom k rozvrhovaciemu problému zdravotníckych zamestnancov môžu byť práve metaheuristické metódy. Metaheuristika je vo všeobecnosti vhodnejšia ako väčšina iných prístupov na vytvorenie prijateľného riešenia v prípadoch, keď je zaťaženie extrémne vysoké a v prípadoch, keď je ťažké nájsť akékoľvek možné riešenia (samozrejme ak existuje). Keďže v dnešnej praxi býva prítomná aj nemožnosť nájdania riešenia, je zvyčajne potrebné modifikovať pohľad na to, čo je vôbec uskutočniteľné. Počítačové systémy, ktoré sa s tým nedokážu vyrovnáť, majú vážnu nevýhodu. Easton a

Mansour (1993) predstavili distribuovaný genetický algoritmus pre problém personálneho obsadenia a plánovania zamestnancov nazývaný „rozvrhovanie zájazdu“. Cieľom tohto algoritmu je minimalizovať počet zamestnancov na splnenie požiadaviek. Fitnes funkcia predstavuje porušenie obmedzení a individuálne riešenia sa zdokonaľujú miestnymi operátormi lezenia do kopca (hill-climbing). Genetický algoritmus funguje veľmi dobre na celý rad testovacích problémov, ale model je pomerne jednoduchý pre praktickú použiteľnosť (napríklad neumožňuje žiadne osobné preferencie).

Tanomaru (1995) rovnako navrhol genetický algoritmus na vyriešenie problému časového rozvrhu zamestnancov. Jeho cieľom je minimalizovať celkové mzdové náklady v situácii, keď nie je stanovený počet zamestnancov. Riešenia musia spĺňať celkové požiadavky na pracovnú silu pri rešpektovaní maximálneho počtu jednotlivých pracovných zmien. Nadčasy sú však povolené. Aj keď sú dimenzie problému veľmi základné, je to jeden z mála prác, ktoré umožňujú flexibilné počiatočné časy zmien. Riešenia pre zamestnancov dávajú časy začiatku a konca denne. Pokiaľ ide o problémy v reálnom živote, autor dospel k záveru, že jeho operátory heuristickej mutácie môžu byť príliš náročné na čas. Aj v tomto prípade je možné diskutovať o praktickej použiteľnosti, pretože počet obmedzení, ktoré sa implementujú, je veľmi nízke.

Rovnaký problém riešia Aickelin a Dowsland (2000), kde je evolučný prístup v podobe komplexného kooperatívneho genetického algoritmu. Znalosti špecifické pre daný problém sa používajú ako pomôcka pre operátor kríženia v rámci evolučného algoritmu. Samostatné mäkké obmedzenia personálneho rozvrhu sa nevyhodnocujú. Autori vopred určujú hodnotu týždenných harmonogramov a existuje iba obmedzený počet takýchto vzorov. Namiesto vyhodnocovania obmedzení sa určujú a ukladajú hodnoty na jeden vzor. Preferencie personálu sa môžu meniť, takže nie je možné vygenerovať cyklický rozvrh na splnenie požiadaviek. V predloženom prístupe sa snažia rozložiť problém na ľahšie riešiteľné čiastkové problémy. Nočné a denné zmeny nie sú podľa týždenného harmonogramu personálu kombinované a nočné smeny možno do určitej miery naplánovať osobitne. S kategóriami zručností sa zaobchádza hierarchicky, aby ľudia s vyššou kvalifikáciou mohli nahradiť ľudí s nižšou kvalifikáciou. To je dôležitý bod a veľmi dobre funguje pri problémoch s plánovaním personálu konkrétnej nemocnice. Nevzťahuje sa však na situáciu vo všetkých nemocniciach. V niektorých praktických situáciách je skutočne nežiaduce prideľovať vysokokvalifikovaným starším pracovníkom úlohy napríklad pre

pomocné sestry. Je tiež pravda, že plánovanie nočných smeny osobitne nie je v súlade s niektorými nemocničnými postupmi.

Aickelin a Dowsland (2003) používajú na rovnaký problém so zostavovaním rozvrhu nepriamy genetický algoritmus, čo im umožňuje lepšie sa vyrovnáť s potrebnými obmedzeniami. Tento prístup pozostáva z nepriamych kódovacích a heuristických postupov. Výsledky sa ďalej vylepšia uplatnením hybridného krížového operátora a inteligentným zmenšením priestoru vyhľadávania. Obmedzenia nie sú explicitne vyjadrené, ale ide o súbor uskutočniteľných vzorov zmien. Zavádzajú sa dva rôzne algoritmy: genetický algoritmus s kódovaním, ktorý je založený na celočíselnej programovacej formulácii, ktorá je uvedená v článku; a „nepriamy“ genetický algoritmus so samostatnou funkciou heuristického dekodéra.

Ghazalbash a kol. (2012) vo svojej práci predstavili model so zmiešaným celočíselným programovaním na minimalizáciu doby prestonov v nemocniciach. Pomocou tohto modelu určili rozdelenie zdrojov, vrátane operačných sál, chirurgov a asistentov, okrem toho poradie chirurgov v operačných sálach a ich čas zákrokov. Medzi hlavné črty modelu patrí chronologický plán učebných osnov pre vzdelávanie na klinike a obmedzenia reálneho života, ktoré je potrebné dodržiavať vo fakultných nemocniciach. Navrhovaný model sa hodnotil porovnaním harmonogramu získaného z modelu a harmonogramu, ktorý v pripravovali pracovníci nemocnice. Numerické výsledky naznačili účinnosť navrhovaného modelu v porovnaní s plánovaním nemocníc v reálnom živote a vyhodnotenie medzier v týchto prípadoch ukázalo, že výsledky boli vo všeobecnosti uspokojivé.

Aby vyriešili problém integrovania, Chen a kol. (2016) vyvinuli dvojfázový algoritmus založený na programovaní s cieľom určiť najmenší možný požadovaný zdravotnícky personál a vytvoriť najlepší harmonogram. V prvej fáze sa používa prístup najhoršieho scenára na určenie minimálneho požadovaného zdravotníckeho personálu. V druhej fáze sa vytvárajú tvrdé a mäkké obmedzenia mesačného harmonogramu zdravotníckych pracovníkov a na stanovenie pokuty za mäkké obmedzenia uplatňuje proces analytickej hierarchie. Znížením počtu zdravotníckych pracovníkov tento výskum určuje vhodnú veľkosť personálu na základe objektívnej funkcie vytvoreného modelu. Ich výskum využíva ako prípadovú štúdiu rádiologické stredisko a jeho technológie. Výsledky ukazujú, že navrhovaná metóda môže vyprodukovať primeraný počet rádiologických technológov na základe rôznych mesačných pracovných výkonov a môže vygenerovať najmenej nežiaduci plán pre rádiologických technológov.

2 Cieľ práce

Jedným z najdôležitejších faktorov výkonnosti poskytovania zdravotnej starostlivosti je správne načasovanie a rozvrhnutie jednotlivých aktivít, a to tak z pohľadu nevyhnutných požiadaviek pacienta, ako aj z pohľadu dodržiavania legislatívnych a iných potrieb zo strany obsluhujúceho zdravotníckeho personálu.

Hlavným cieľom tejto dizertačnej práce je vývoj nových, respektíve modifikácia existujúcich vo vedeckej literatúre opísaných rozvrhovacích postupov a algoritmov za účelom ich efektívnej implementácie v podmienkach vybraného slovenského zdravotníckeho zariadenia.

K dosiahnutiu tohto hlavného cieľa je potrebné naplniť nasledovné **čiastkové ciele**:

1. štúdiom domácej a zahraničnej odbornej i vedeckej literatúry získať prehľad o vyvinutých algoritmoch a postupoch v oblasti rozvrhovania zdravotníckych aktivít.
2. Vyvinúť nové, alebo modifikovať existujúce postupy, resp. algoritmy takým spôsobom, aby boli implementovateľné v podmienkach vybraného slovenského zdravotníckeho zariadenia.
3. V konkrétnych podmienkach na praktických príkladoch ukázať funkčnosť a efektívnosť navrhnutých postupov.
4. Opísať význam získaných výsledkov z pohľadu ich prínosu v študijnom odbore ekonomika a manažment. Prezentovať vedecký prínos práce, ako aj praktické uplatnenie jej výstupov.

3 Metodika práce a metody skúmania

Problém budovania rozvrhovacieho systému je dobre známy a pomerne komplikovaný najmä vtedy, keď sa jedná aj o ľudské zdroje. Robiť ho manuálne zaberá veľa síl a dokonca niektoré súvisiace administratívne práce nie je vôbec možné spracovať ručne. Uplatnenie počítačov v tejto problematike má dlhú a pestrú históriu.

3.1 Metaheuristiky vo všeobecnosti

Prvá generácia podobných algoritmov bola predstavená začiatkom druhej polovice dvadsiateho storočia, kedy počítali riešili problém letových poriadkov. Neskôr boli vypracované programy, ktorých produktom boli školské rozvrhy. Mali zosúladiť termíny využitie tried a pracovný fond učiteľov. Následne boli modelované programy práve s využitím rôznych heuristických prístupov vrátane simulovaného žihania, logického programovania, lineárneho programovania atď. Ak sa pozrieme na zdravotnícke zariadenie, v tomto prípade ide o problém s rôznymi potrebami plánovania vyšetrení a operačných zákrokov pri obmedzenom počte liečebných zariadení a s obmedzeným počtom zamestnancov, čo je pomerne náročná úloha. Je jasné, že presné numerické metódy sú kvôli komplexnosti tohto problému použiteľné ťažko.

V poslednej dobe sa práve kvôli obmedzeniam presných metód aplikujú pri riešení rozvrhovacích a plánovacích problémov tzv. mäkké metódy, ktoré nedávajú optimálne riešenie, ale prijateľne dobré riešenie získajú v relatívne krátkej dobe. Aké riešenie je dosť dobré a ako dlho sme pripravení čakať na jeho dosiahnutie závisí na danom probléme.

Pojem heuristika možno popísať ako stratégiu, ktorá umožňuje ľuďom či prístrojom riešiť špecifické problémy s využitím dostupných informácií. Za pravdepodobne najjednoduchšiu heuristiku sa dá považovať metóda pokus - omyl, ktorá je aplikovateľná na široké spektrum úloh od hľadania dvojíc obrázkov až po riešenie náročných numerických problémov. Medzi ďalšie prístupy, ktoré sa dajú považovať za heuristiky zaradujeme (Du - Swamy, 2016):

- ak tomu nerozumiete, nakreslite obrázok,
- ak je problém všeobecný, skúste sa najprv zamerať na konkrétny príklad a pod.

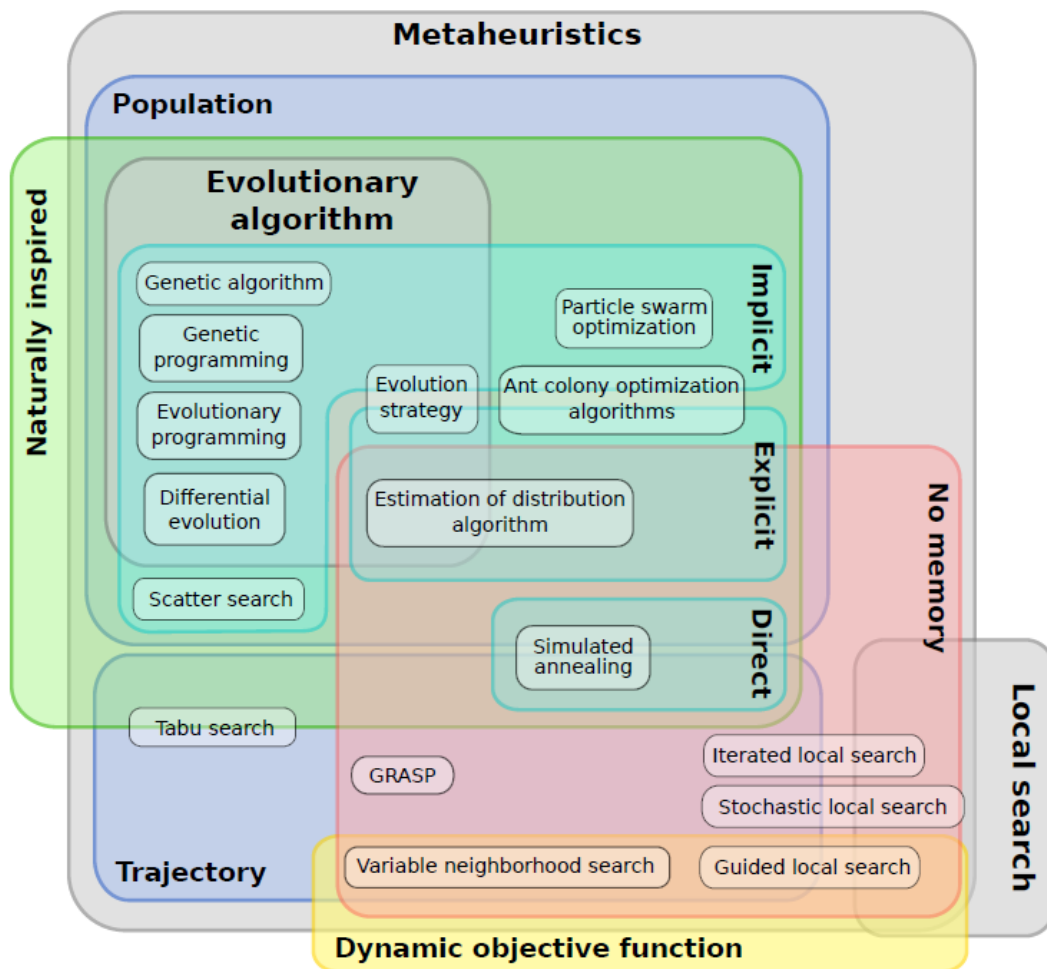
Metaheuristiky už ale predstavujú množinu algoritmov (často inšpirovaných prírodou a jej zákonitosťami), ktoré boli konštruované na riešenie komplexných optimalizačných problémov (Gendreau a Potvin, 2010). Posledné desaťročia boli aktívnou

oblasťou výskumu predovšetkým kvôli ich širokej aplikovateľnosti a dobrým praktickým výsledkom. Znáмым príkladom, na ktorom metaheuristiky preukázali svoju úspešnosť je problém obchodného cestujúceho, kde sa s rastúcim počtom miest veľmi rýchlo zväčšuje vyhľadávací priestor, čo je pre exaktné algoritmy problematické.

Existuje množstvo alternatív a typov druhov metaheuristik, ako aj charakteristík, na základe ktorých sa dajú klasifikovať. Jednou z rozlišovacích vlastností je ich vyhľadávacia stratégia. Môže napríklad spočívať vo vylepšení bežného lokálneho vyhľadávania. Do tejto kategórie možno zaradiť metódy ako simulované žihanie, iteratívne lokálne hľadanie, tabu vyhľadávacie či hľadanie s premenlivým okolím. Ďalší typ stratégie vyhľadávania obsahuje pamäťovú zložku, ako napríklad v prípade evolučných a genetických algoritmov, respektíve mravčích a včelích kolónií. Medzi optimalizácie s jedným výsledkom, ktoré fungujú na báze zlepšovania jediného riešenia, patria lokálne vyhľadávacie a iteratívne lokálne vyhľadávacie, simulované žihanie alebo, hľadanie s premenlivým okolím. Na druhej strane metódy založené na zlepšovaní vlastností populácií upravujú vlastnosti viacerých riešení, pričom aplikujú informácie o kvalite celej populácie. Do tejto kategórie patria napríklad genetické algoritmy či optimalizácia využitím roja častíc. Osobitný typ algoritmov predstavujú práve metódy založené na inteligencii roja (roj častíc, mravčie kolónie, atď.), kde je využívané hromadné správanie decentralizovaných a samostatných účastníkov celej populácie. Pre väčšinu metaheuristik je však charakteristické, že (Blum a Roli, 2003):

- riadia vyhľadávacie procesy,
- prehľadávajú priestor možných riešení,
- hľadajú „dostatočne“ optimálne riešenie (i keď u niektorých je dokázaná konvergencia do globálnych extrémov),
- využívajú rôzne metódy hľadania od jednoduchých až po komplexné, učiace sa,
- sú univerzálne aplikovateľné.

Graf 1 približuje rozdelenie metaheuristik na základe viacerých možností klasifikácie.



Graf 1 Klasifikácia metaheuristík

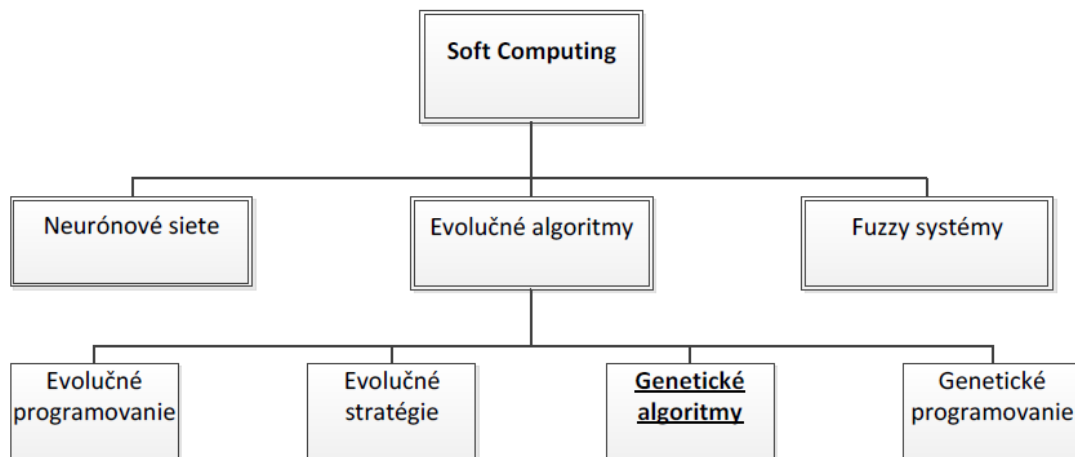
Zdroj: Talbi (2009)

3.2 Genetické algoritmy

3.2.1 Charakteristika

Genetické algoritmy boli inšpirované Darwinovou teóriou o prirodzenom výbere najprispôsobivejších jedincov v závislosti od okolitých podmienok. Je možné vnímať ich ako metaforu evolúcie pri riešení optimalizačného problému. V metodológii genetických algoritmov zastupuje populácia množinu potenciálnych riešení konkrétneho problému, pričom predmetný problém imituje okolité prostredie. V populácii prejde každý jedinec procesom ohodnotenia svojich schopností zastúpiť optimálne riešenie. V závislosti od hodnotiacej funkcie sa zisťuje jeho tzv. fitness, teda ohodnotenie. S nárastom jeho fitness, teda kvality riešenia daného jedinca, rastie aj pravdepodobnosť, že bude zapojený do tvorby ďalšej generácie jedincov, čiže riešení. Tie riešenia, ktoré spĺňajú stanovené požiadavky na

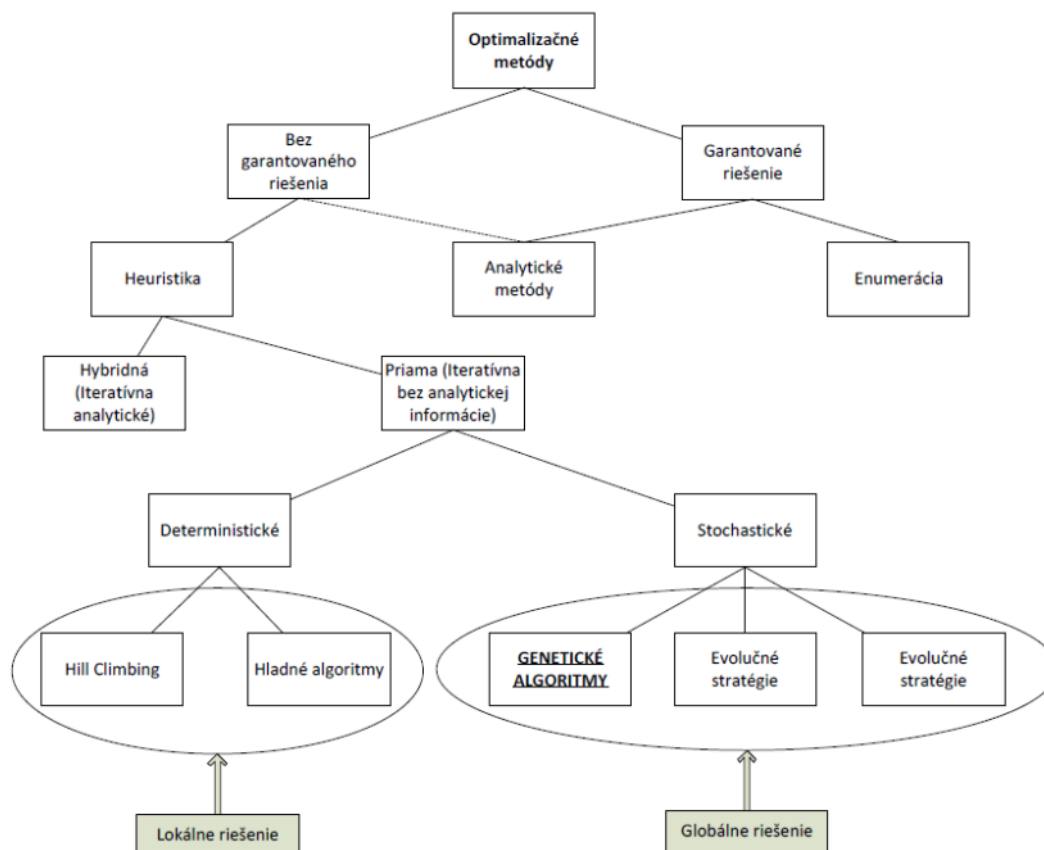
kvalitu a optimálnosť najlepšie, následne podstupujú procesy mutácie a kríženia, vďaka ktorým je možný vznik ďalšej generácie riešení. Opakovanou iteráciou uvedeného procesu sa ideálne dospeje k dostatočne optimálnemu riešeniu. Ak sa pozrieme na začlenenie genetických algoritmov, patria do kategórie mäkkých výpočtov alebo tzv. soft computingu.



Graf 2 Začlenenie genetických algoritmov

Zdroj: Simon (2013)

Graf 3 naznačuje, že genetické algoritmy sú podmnožinou evolučných algoritmov, ktoré sú na jednej úrovni s fuzzy systémami a neurónovými sieťami. Prvá úroveň je determinovaná podľa typu riešených úloh. Evolučné algoritmy sa zameriavajú na optimalizáciu. Na druhej strane, umelé neurónové siete sa využívajú pri zle definovaných, nelineárnych problémoch s nekompletnými a porušenými údajmi. Na vstupnej vzorke sa neurónová sieť učí a následne sa na out-of-sample vzorke dopracuje k žadanému riešeniu. Fuzzy systémy zase slúžia v oblastiach, kde sa kalkuluje s neurčitou alebo nejasnou zadania.



Graf 3 Zaradenie genetických algoritmov medzi optimalizačné metódy

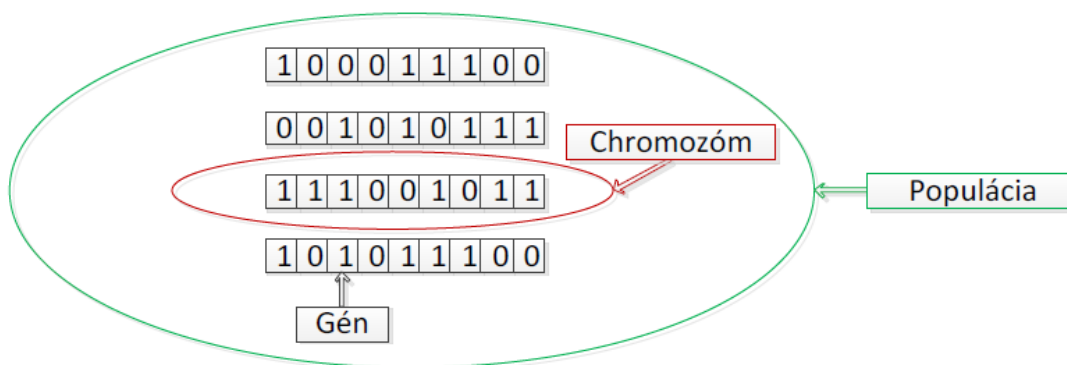
Zdroj: Adby (2013)

Z optimalizačných metód s garantovaným riešením problému je pravdepodobne najpoužívanejšou enumerácia, ktorá sa aplikuje pri úlohách s malým rozsahom skúmaného problému. Teda ak existuje niekoľko málo možností hodnôt parametrov, zdá sa použitie iných techník ako enumerácie zbytočne náročné. Pri riešení extrémov primitívnejších matematických funkcií sú zvyčajne používané analytické metódy ako Newtonova metóda, respektíve derivácie. V prípade vysokého počtu možných riešení je už vhodné použiť niektorú z heuristických metód, ktorá poskytne prijateľné riešenie. Avšak o ňom často nevieme povedať či je globálne. Heuristické techniky sú použité v takých situáciách, kedy už nemáme analytické informácie (spojitosť funkcie a podobne). Genetické algoritmy možno zaradiť medzi priame stochastické metaheuristiky.

3.2.2 Základné vlastnosti

Názvoslovie genetických algoritmov je prevzaté z biologickej evolúcie. Medzi základné pojmy s ktorými sa v spojitosti s genetickými algoritmi možno stretnúť, zaradujeme:

- gén – predstavuje základnú stavebnú jednotku chromozómu, je to nositeľ informácie (napr. 1 alebo 0 pri binárnej reprezentácii problému),
- alela – špecifické hodnota génu,
- chromozóm – označovaný aj ako jedinec, je zložený z génov a je predstaviteľom riešenia konkrétneho problému, v určitých prípadoch sa používa na jeho označenie aj pojem genóm, ak je jedinec štruktúra zložená z viacerých čísiel, aj táto štruktúra môže byť označovaná ako chromozóm, pričom jeho jednotlivé čísla sú gény,
- populácia – množina chromozómov, ktoré reprezentujú riešenia problému, počet jedincov v konkrétnej populácii býva konštantný (Obr. 1 približuje vzťah medzi vyššie menovanými termínmi),



Obr. 1 Vzťah medzi populáciou a chromozómom

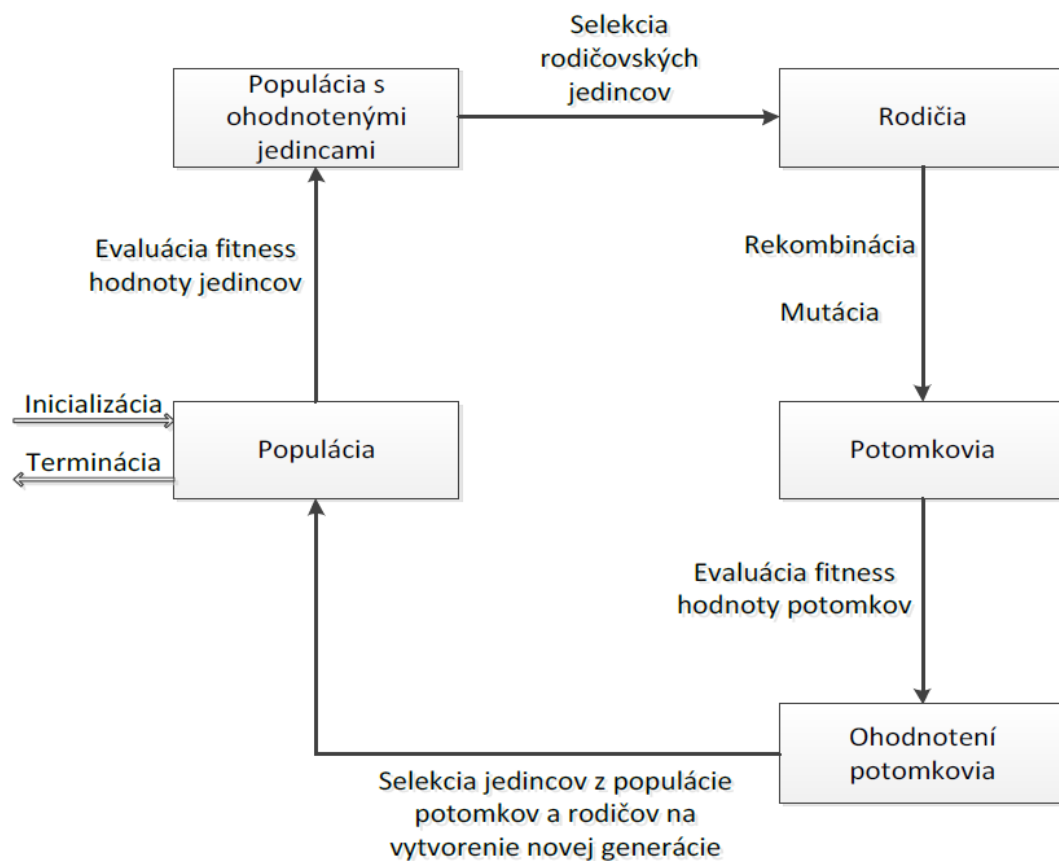
Zdroj: Upravené podľa Talbi (2009)

- genotyp – kódovaný tvar riešenia problému (napríklad binárny reťazec),
- fenotyp – dekódovaná podoba riešenia,
- generácia – obmena populácie v každej iterácii riešenia úlohy, generácia je populácia v konkrétnej iterácii,

- fitness – vlastnosť jedinca charakterizujúca jeho priblíženie sa optimálnemu riešeniu problému, na základe hodnoty fitness sú následne jedinci vyberaní do procesu vytvárania novej generácie
- fitness funkcia – hodnotiaca (alebo nákladová) funkcia, ktorá prideluje každému jedincovi v populácii jeho fitness.

3.2.3 Fungovanie

Bez ohľadu na konkrétny problém, genetické algoritmy sa vo veľkej väčšine prípadov riadia rigidnou a presne definovanou postupnosťou krokov. Na Obr. 2 je zachytená základná štruktúra genetického algoritmu.



Obr. 2 Fungovanie genetických algoritmov

Zdroj: Simon (2013)

Prebiehajúce procesy sú znázornené šípkou, vznikajúce entity sa nachádzajú v obdĺžniku. Po prvotnej inicializácii sa vytvorí prvá generácia jedincov (chromozómov). Ich životaschopnosť je následne ohodnotená fitness funkciou a na jej základe dochádza ku selekcii jedincov, ktorí sa môžu zúčastniť na produkcii novej množiny jedincov využitím operátorov rekombinácie a kríženia uchovaných rodičovských génov. Potom, čo vznikne ďalšia populácia potomkov, je ohodnotená fitness týchto jedincov a na základe jej hodnoty dochádza k súťaži medzi potomkami a rodičmi o to, ktorí z nich vytvoria nasledujúcu generáciu jedincov.

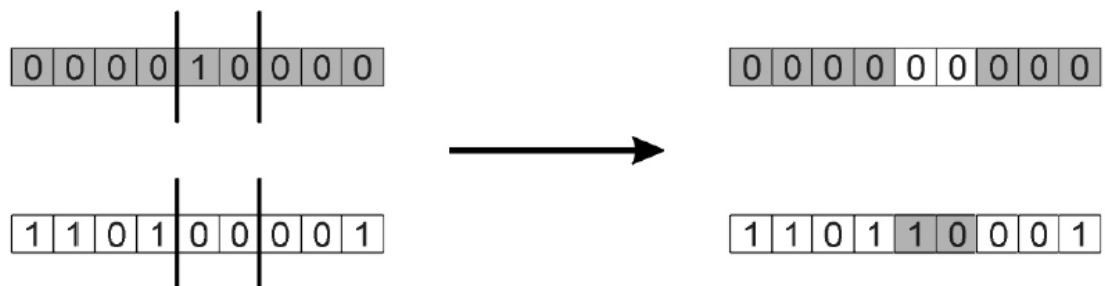
Forma reprezentácie indivíduí je súčasťou samotného procesu inicializácie. Touto voľbou reprezentácie sú ale ovplyvnené všetky ďalšie operácie počas priebehu riešenia problému. Ide o výber množiny hodnôt chromozómov, respektíve o ohraničenie tých, ktoré môžu chromozómy nadobúdať. Rovnako je stanovenie reprezentácie jedincov prvou fázou návrhu genetických algoritmov. Najstaršou a napriek tomu ešte pomerne častou formou kódovania chromozómov je binárna reprezentácia. V tomto prípade býva každý jedinec reťazcom binárnych hodnôt. Pri binárnom kódovaní je potrebné vybrať dĺžku reťazca i to, ako môžu byť jeho hodnoty interpretované. Ide teda o spôsob akým bude genotyp prevedený na fenotyp prípustný pre riešenie. Binárna reprezentácia je obľúbená aj z toho dôvodu, že je vhodná a jednoduchá pre prirodzený proces mutácie a kríženia. Nepoužíva sa preto iba v prípadoch, kedy je fenotyp hodnota 0 a 1, ale jeho pomocou bývajú kódované aj celé, respektíve reálne čísla. Ďalším najčastejšie aplikovaným typom kódovania je celočíselná reprezentácia. Tá býva používaná predovšetkým v prípadoch, pri ktorých môžu nadobúdať gény viac ako dve hodnoty.

Na určenie fitness hodnoty každého jednotlivca slúži hodnotiaci funkcia. Hodnota fitness je dôležitá na to, aby bolo možné objektívne posúdiť kvalitu jednotlivcov a rozhodnúť, ktorí budú zvolení pre vytvorenie ďalšej generácie. Rovnako ako v prípade evolúcie v prírode, jedinci s vyšším ohodnotením (hodnotou fitness) hodnotou, sa zúčastnia na tvorbe ďalšej generácií s vyššou pravdepodobnosťou a prežijú dlhšie. Hodnotiaci funkcia má za úlohu vrátiť pre každého jedinca takú hodnotu, ktorá je porovnateľná s hodnotami ostatných jedincov, merateľná a zmysluplná. Dôležitou problematikou v metodológii a návrhu genetických algoritmov je definovanie obmedzujúcich podmienok, ako napríklad rovnosť súčtu premenných určitej hodnote. Ak sa takáto podmienka nedá integrovať do hodnotiacej funkcie, je možné zaviesť tzv. penalizačnú funkciu, ktorá redukuje hodnoty fitness jednotlivca v závislosti od miery, do akej porušuje obmedzujúce podmienky. Ako

kritérium pre voľbu jednotlivcov do vytvárania ďalšej generácie riešení, slúži pridelenie hodnoty fitness každému jedincovi.

Po selekcii jedincov s najvyššími hodnotami fitness, ktorí by mali reprezentovať najlepšie momentálne nájdené riešenia problému, nastáva proces kombinácie získaného genetického materiálu medzi dvoma rodičmi a následnému vzniku ich potomkov, ako nových nositeľov riešenia.

Vstupom do každého takéhoto procesu sú vždy dvaja rodičia a výstupom dvaja potomkovia. Najčastejšie aplikovaným v praxi a asi aj najviac názornými prístupmi ku kríženiu (kombinácii) rodičov sú jednobodové kríženie a viacbodové kríženie. Ich princíp opäť vychádza z analógie s biologickými organizmami, kde sa kríženie realizuje v jednom, prípadne v niekoľkých bodoch chromozómu. Pri n -bodovej kombinácii dochádza k výmene počtu n úsekov chromozómov rodičov. Tak vzniknú dvaja potomkovia zložené zo sekvencií chromozómov obidvoch rodičov tak, ako je znázornené na Obr. 3. Ľavá strana obrázku prezentuje rodičov, zatiaľ čo na pravej strane sa nachádzajú potomkovia vzniknutí krížením rodičovských chromozómov dvojbodovou metódou.



Obr. 3 Kríženie

Zdroj: Mitchell (1998)

Po vzniku nových potomkov vyššie uvedeným postupom, existujú dve skupiny jedincov - skupina rodičov a skupina potomkov. Z nich je potrebné vybrať presný počet jednotlivcov na obnovu celej populácie. Na tento účel sa používajú existujú tri hlavné prístupy:

- kompletná obnova populácie, kedy je populácia rodičov úplne nahradená novými potomkami,

- parciálna obnova populácie, kedy jeden najlepší potomok vymení najslabšieho rodiča,
- kombinovaná obnova populácie (tá je najpoužívanejšou), kedy je stanovený podiel populácie rodičov (od 20% do 60%) nahradený najlepšími potomkami.

Selekcia rodičov, ktorí budú nahradení, respektíve ktorý potomok bude zvolený na obnovu populácie, prebieha na základe týchto kritérií:

- výber berúci do úvahy vek rodiča, ktorého princípom nie je prihliadanie na hodnotu fitness jednotlivca, ale na celkový počet iterácií algoritmu, na ktorých sa daný rodič zúčastnil. Po dosiahnutí určitého vopred daného počtu iterácií je predmetný rodič zvolený na vyradenie z populácie a jeho potomok, ktorý ho nahradí je vybraný na základe jeho fitness alebo náhodne,
- výber berúci do úvahy na fitness, kde sú rodičia s najnižšou hodnotou fitness nahrádzaní potomkami s najvyššou hodnotou fitness. Táto technika tvorby nových populácií sa dá vhodne implementovať s využitím turnajovej alebo ruletovej selekcie.

Pri navrhovaní genetického algoritmu je nevyhnutné mať na mysli nasledujúce kroky, ktoré by mali tvoriť kostru tvorby nového modelu:

1. Výber správnej reprezentácie problému.
2. Inicializácia prvej populácie.
3. Voľba spôsobu ohodnocovania jednotlivcov populácie.
4. Metóda selekcie rodičov.
5. Výber a nastavenie operátorov kríženia a mutácie.
6. Typ obnovy populácie.
7. Parametre ukončenia algoritmu.

3.3 Charakteristika objektu skúmania

Táto časť je zameraná na analýzu požiadaviek na nový systém rozvrhovania pracovných zmien zdravotníckeho personálu. V prípade absencie takejto analýzy je samozrejme možné vytvoriť nový systém, no nikto nezaručí jeho bezproblémovú implementáciu a užívateľskú prívetivosť. Predmetnou analýzou možnosť zistiť aké sú

požiadavky a to, čo by mal nový systém rozvrhovania vedieť ponúknuť. Tieto požiadavky nemôže nadefinovať nikto iný, len užívateľ, ktorý bude so systémom pravidelne pracovať. Všetky poznatky, ktoré sú uvedené nižšie sú výsledkom konzultácií s pracovníkmi gynekologicko-pôrodnického oddelenia.

Ak chceme vytvoriť optimálny rozvrh zmien, musíme vopred definovať obmedzenia, ktoré je nevyhnutné dodržať. Už vyššie bolo spomenuté, že poznáme dva druhy obmedzení, a to mäkké a tvrdé. Tie prvé je síce možné porušiť, ale len za cenu horšieho, menej kvalitného rozvrhu. Tvrdé obmedzenia nemožno porušiť ani vo výnimočnom prípade. Obmedzenia sú definované práve v tejto časti systému. Po konzultáciách s pracovníkmi boli definované nasledovné tvrdé obmedzenia:

- **Rozvrhnutie najviac jednej zmeny na deň**

Každý pracovník môže absolvovať maximálne jednu pracovnú zmenu denne. Ak napríklad lekár absolvuje v jeden deň rannú službu, nemôže nastať situácia, že by mal nastúpiť v ten deň aj do nočnej služby. Bol by tým v práci v jeden deň na dvoch službách, čo je v zmysle zákonníka práce neprípustné, jedná sa o prekročenie vyťaženia zamestnanca. Tak ako bolo povedané vyššie, v jeden deň, t. j. za 24 hodín môže mať personál vždy len jeden začiatok pracovnej zmeny.

- **Všetky potrebné služby a pozície sú obsadené**

Nemocničné zariadenie a jeho jednotlivé oddelenia majú na každý deň a každú zmenu stanovený presný počet zamestnancov, ktorý musí byť dodržaný. V prípade nesplnenia počtu pracovníkov, dochádza buď k nedostatočnému obsadeniu alebo naopak, k prezamestnanosti.

- **Minimálny odstup medzi službami**

Pri príprave rozvrhu nestačí náhodne pridať zmeny z dôvodu, aby bolo plánované obsadenie dodržané. Je nevyhnutné vždy myslieť aj na horizontálnu stránku veci. Myslí sa tým postupnosť zmien. Medzi jednotlivými naplánovanými službami každého zamestnanca musí byť časový odstup minimálne v dĺžke dvanástich hodín. Aj to je ustanovenie zákonníka práce, ktoré určuje, že zamestnávateľ má povinnosť rozvrhnúť pracovnú dobu tak, aby zamestnanec mal medzi koncom jednej zmeny a začiatkom nasledujúcej zmeny nepretržitý odpočinok po dobu aspoň 12 hodín po sebe idúcich počas 24 hodín.

Ak sa zameriame na mäkké obmedzenia, existuje pomerne veľký predpoklad, že pri rozvrhovaní pracovných zmien sa nepodarí dodržať úplne všetky. Keďže sa jedná

o obmedzenia, ktorých nedodržanie neohroží vytvorenie rozvrhu, je možné niektoré do určitej miery ignorovať. Ich nedodržanie sa však prejaví na kvalite rozvrhu a z toho hľadiska výsledný rozvrh určite nebude optimálny. Ako už bolo povedané vyššie, prvý prístup k mäkkým obmedzeniam penalizuje každé porušenie stanovenej podmienky z ohľadom na jej prioritu. Dôležité je, aby súčet všetkých penalizácií predstavoval čo najnižšiu hodnotu. Pri druhom prístupe majú všetky stanovené pravidlá rovnakú váhu a keďže sú penalizácie rovnaké, snažíme sa dosiahnuť čo najmenší počet porušených podmienok. V tomto prípade sú teda obmedzenia na rovnakej úrovni, žiadne z nich pre nás nie je viac alebo menej dôležité.

Opätovne po konzultáciách so zamestnancami oddelenia boli definované nasledovné mäkké obmedzenia:

- **Maximálny, resp. minimálny počet priradených zmien**

Toto pravidlo určuje maximálny i minimálny počet priradených zmien pre každého zamestnanca v rámci rozvrhovaného časového úseku. Ak by mal byť dosiahnutý optimálny stav, žiaden lekár či zdravotná sestra by nemali mať žiadne nadčasy, ale mali by odrobiť minimálne svoj mesačný fond pracovného času.

- **Maximálny, resp. minimálny počet pracovných dní v rade**

Podmienka určuje maximálny a minimálny počet pracovných dní v rade za sebou, t. j. v priebehu ktorých môžeme priradiť daného zamestnancovi pracovnú zmenu. Toto obmedzenie taktiež definuje zákonník práce. Ten pomerne jednoznačne nariaďuje, že po odpracovaní určitého počtu hodín musí mať zamestnanec nárok daný počet dní pracovného pokoja.

- **Maximálny, resp. minimálny počet voľných dní za sebou**

Je určené, aký musí byť maximálny a minimálny počet voľných dní, v priebehu ktorých nemôže byť zamestnanec priradený na žiadnu pracovnú zmenu. Toto obmedzenie dopĺňa predchádzajúce.

- **Maximálny, resp. minimálny počet po sebe nasledujúcich pracovných víkendov**

Stanovuje maximálny a minimálny počet pracovných víkendov, ktoré sú priradené zamestnancovi v rade za sebou. Toto obmedzenie je vhodné dodržiavať, pretože je dôležité pre spravodlivé rozvrhovanie pracovných zmien pre všetkých zamestnancov. Nebolo by

spravodlivé a pozitívne vnímané, keby jeden zamestnanec absolvoval 3 pracovné víkendy a iný len jeden pracovný víkend.

- **Maximálny, resp. minimálny počet pracovných víkendov za mesiac**

V jednom mesiaci by mal byť dodržaný maximálny a minimálny počet priradených pracovných víkendov. V optimálnom prípade, ak na oddelení nenastane nepredvídaná udalosť, mal by mať každý pracovník aspoň dva voľné víkendy.

4 Výsledky práce

Údaje týkajúce sa plánovania pochádzajú z gynekologicko-pôrodnického oddelenia Univerzitnej nemocnice Louisa Pasteura Košice na Rastislavovej ulici č. 43. V práci implementujeme na podmienky predmetného pracoviska modifikovaný postup navrhnutý Wongom a kol. (2014), ktorý v súlade s praktickými potrebami oddelenia rozdeľuje obmedzenia plánovania na tvrdé a mäkké. Zatiaľ čo mäkké obmedzenia vymedzujú preferencie zdravotníckeho personálu priamo súvisiace s kvalitou práce, fyzickou záťažou, duševnou a pracovnou vyváženosťou, tvrdé obmedzenia súvisia s právnymi a pracovnými predpismi. Cieľom procesu optimalizácie je vytvoriť plán, ktorý spĺňa všetky tvrdé obmedzenia a zahŕňa čo najviac mäkkých obmedzení. Objektívnu (fitness) funkciou predstaveného genetického algoritmu je vážený súčet porušení mäkkých obmedzení:

$$E = \sum_{i=1}^N V_i \cdot w_i \quad (1)$$

kde,

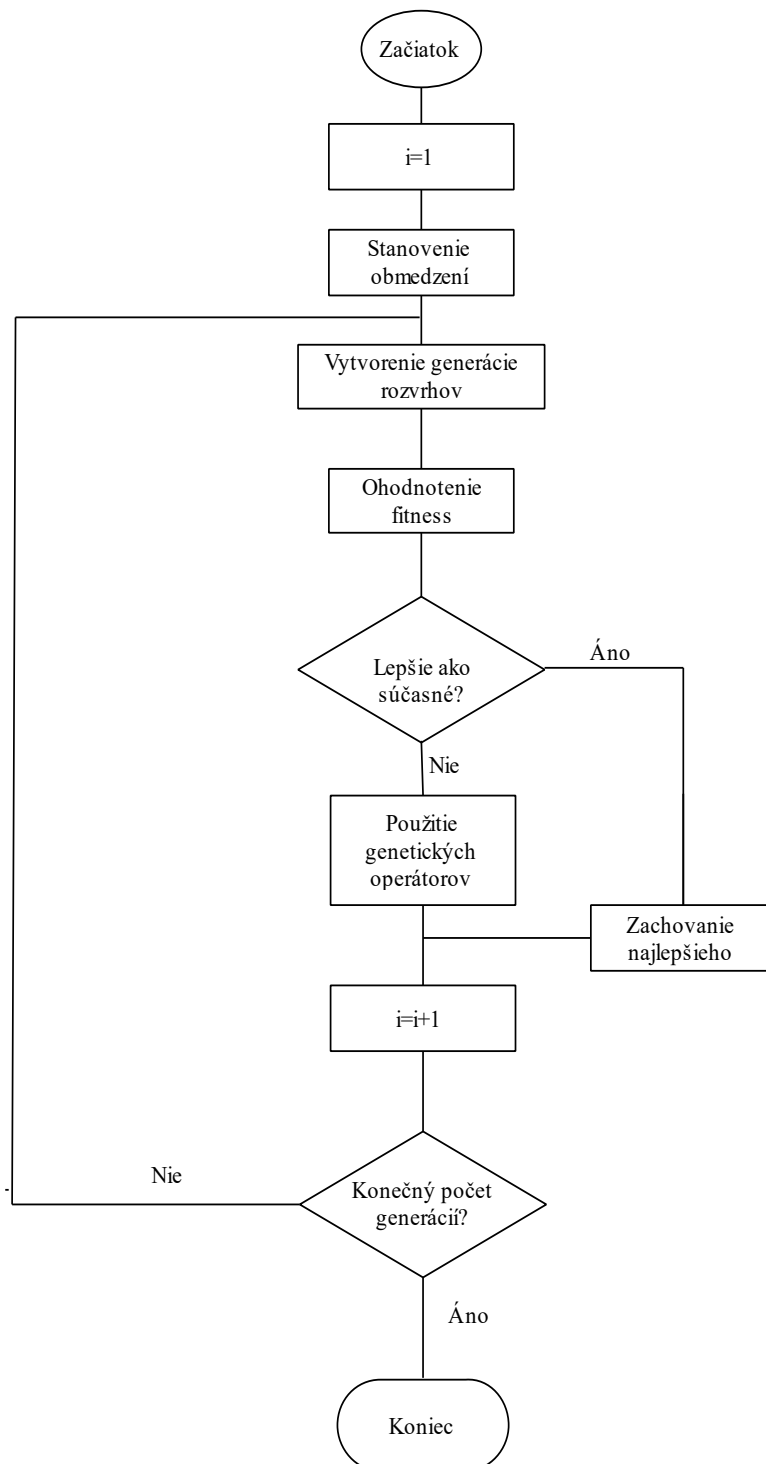
V_i označuje počet porušení i -tého mäkkého obmedzenia vo vytvorenom rozvrhu, w_i je váha obmedzenia i a N je celkový počet preskúmaných mäkkých obmedzení. Použitím navrhnutého algoritmu sme sa sústredili aj na mesačné posuny týkajúce sa preferencií zamestnancov z hľadiska mäkkých obmedzení. Každé obmedzenie bolo hodnotené podľa jeho vplyvu na kvalitu života zdravotníckeho personálu. Boli použité iba plány spĺňajúce tvrdé obmedzenia. Priebeh celého algoritmu je znázornený na Obr. 4.

4.1 Použitý software

Pri modelovaní jednotlivých rozvrhov bol použitý software Matlab. Je to programový jazyk zameraný na riešenie matematických problémov. Obsahuje mnohé knižnice slúžiace na zjednodušenie práce s ním, taktiež príklady na riešenie najmä matematických, ale aj s matematikou súvisiacich problémov. Práve kvôli týmto skutočnostiam je veľmi vhodný na prezentáciu genetických algoritmov a vecí s nimi spojenými.

Matlab Toolbox orientovaný na genetické algoritmy obsahuje viacero funkcií, ktoré je možné rozdeliť do niekoľkých skupín. Prvou skupinou sú genetické operácie na báze mutácie alebo kríženia, ďalšiu skupinu tvoria pomocné funkcie a špecifickú triedu tvoria

funkcie, ktoré slúžia na optimalizáciu problémov tzv. „permutačného typu“. Ide o úlohy hľadania optimálneho poradia, na ktoré sa používajú odlišné typy operácií, ako pri bežných úlohách parametrickej optimalizácie.



Obr. 4 *Priebeh algoritmu*

Zdroj: Vlastné spracovanie

Celkový zoznam predvolených funkcií je veľmi obsiahly, nehovoriac o ďalších neskôr dopracovaných algoritmoch a mnohých čiastkových vylepšeniach stiahnutelných z internetu. Vzhľadom na veľký rozsah možností v tomto smere nastáva problém ako všetky tieto možnosti využívať. Už pri samotných genetických algoritmoch je známy problém s veľkým množstvom vstupných argumentov. Genetické algoritmy ako také sú veľmi otvorený systém, teda všetko čo dodržiava vyššie uvedené schémy sa môže radiť viac alebo menej medzi genetické algoritmy. Človek môže napísať úplne novú metódu kríženia alebo selekcie a stále je to genetický algoritmus, pričom Matlab dáva na všetky tieto možnosti nástroj, čím problém s optimálnym nastavením parametrov len narastá.

Medzi základné kvalitatívne hodnotenia, ktoré treba vziať v úvahu pri ladení parametrov sú selektívny tlak, veľkosť populácie a pri krížení je to jej pravdepodobnosť, ktorá sa bežne pohybuje medzi 0.7 až 0.95 (do kríženia vstupuje 70 % až 95 % reťazcov celej populácie), forma, (t. j. napr. koľko rodičov sa zúčastňuje kríženia atď.).

V neposlednom rade je to pomer mutácie a jej forma. Tieto hodnoty závisia od konkrétnej aplikácie. Rovnako to platí aj o voľbe verzií genetických operácií, prípadne o štruktúre celého algoritmu. Pri jeho tvorbe má používateľ k dispozícii veľa možností a spôsobov tvorby algoritmu pre danú aplikáciu je tiež viacero.

Medzi hlavné možnosti posúdenia úspešnosti ladenia týchto faktorov patrí nielen posudzovanie samotného výsledku, ale aj posudzovanie priebežných hodnôt. Pokiaľ sa posudzujú konečné výsledky je treba pokusy zopakovať viac krát a profilovať priemernú charakteristiku aby sa zabezpečila čo možno najväčšia exaktnosť. Pri posudzovaní priebežných výsledkov je jeden z najdôležitejších faktorov najmä rozptyl génov v populácii, ktorý určuje priemernú odchýlku génov všetkých jedincov od priemerného z nich.

4.2 Dosiahnuté výsledky

Ako bolo uvedené vyššie, údaje týkajúce sa plánovania pochádzajú z gynekologicko-pôrodnického oddelenia Univerzitnej nemocnice Louisa Pasteura Košice na Rastislavovej ulici č. 43. Celkový počet zdravotníckych pracovníkov pozostáva z 34 zamestnancov:

- 22 doktorov,
- 12 sestier.

Počas každej zmeny je nevyhnutná prítomnosť 3 doktorov a 3 sestier, ktorí sú rozdelení na gynekológiu, pôrodnicu a operačnú hotovosť. Ak sa zameriame na predmetné potreby z hľadiska definovanej terminológie genetických algoritmov, jeden mesačný rozvrh služieb možno považovať za jedinca alebo individuálny chromozóm. Obr. 5 ilustruje vzorový príklad chromozómu s náhodne definovanými službami bez akýchkoľvek obmedzení. Jednotka znamená, že daný zamestnanec má službu, nula naopak voľno.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Doktor1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Doktor2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Doktor3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
Doktor4	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Doktor5	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
Doktor6	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
Doktor7	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Doktor8	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Doktor9	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Doktor10	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
Doktor11	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
Doktor12	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Doktor13	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
Doktor14	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Doktor15	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Doktor16	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
Doktor17	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
Doktor18	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Doktor19	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Doktor20	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
Doktor21	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Doktor22	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Sestra1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Sestra2	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Sestra3	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Sestra4	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Sestra5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
Sestra6	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
Sestra7	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Sestra8	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
Sestra9	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
Sestra10	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Sestra11	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Sestra12	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1

Obr. 5 Příklad chromozómu

Zdroj: Vlastné spracovanie

Pre lepšiu prehľadnosť operátorov kríženia a mutácie si znázorníme na Obrázkoch 6 a 7 jednoduchý rozvrh a spôsob jeho možnej modifikácie. Obr. 6 popisuje kríženie, kde dochádza k prevzatiu prvej časti denného rozvrhu zmien z prvého jedinca a druhej časti rozvrhu z druhého jedinca. Nový jedinec jednoduchého rozvrhu tak obsahuje genetickú informáciu z oboch rodičov. Potom, čo je ohodnotená jeho objektívna funkcia, rozhodne sa, či je zachovaný alebo nie.

Doktor1	0		Doktor1	1		Doktor1	0
Doktor2	1		Doktor2	0		Doktor2	1
Doktor3	0		Doktor3	0		Doktor3	0
Doktor4	0		Doktor4	0		Doktor4	0
Doktor5	1		Doktor5	0		Doktor5	1
Doktor6	0		Doktor6	0		Doktor6	0
Doktor7	0		Doktor7	1		Doktor7	0
Doktor8	0		Doktor8	0		Doktor8	0
Doktor9	0		Doktor9	0		Doktor9	0
Doktor10	0		Doktor10	0		Doktor10	0
Doktor11	0		Doktor11	0		Doktor11	0
Doktor12	0		Doktor12	0		Doktor12	0
Doktor13	1		Doktor13	0		Doktor13	1
Doktor14	0		Doktor14	0		Doktor14	0
Doktor15	0		Doktor15	1		Doktor15	0
Doktor16	0		Doktor16	0		Doktor16	0
Doktor17	0		Doktor17	0		Doktor17	0
Doktor18	0		Doktor18	0		Doktor18	0
Doktor19	0		Doktor19	0		Doktor19	0
Doktor20	0		Doktor20	0		Doktor20	0
Doktor21	0		Doktor21	0		Doktor21	0
Doktor22	0		Doktor22	0		Doktor22	0
Sestra1	0		Sestra1	1		Sestra1	1
Sestra2	1		Sestra2	0		Sestra2	0
Sestra3	0		Sestra3	0		Sestra3	0
Sestra4	0		Sestra4	1		Sestra4	1
Sestra5	1		Sestra5	0		Sestra5	0
Sestra6	0		Sestra6	0		Sestra6	0
Sestra7	0		Sestra7	0		Sestra7	0
Sestra8	1		Sestra8	0		Sestra8	0
Sestra9	0		Sestra9	0		Sestra9	0
Sestra10	0		Sestra10	0		Sestra10	0
Sestra11	0		Sestra11	0		Sestra11	0
Sestra12	0		Sestra12	1		Sestra12	1

Obr. 6 Príklad kríženia na jednoduchom rozvrhu

Zdroj: Vlastné spracovanie

Obr. 7 následne znázorňuje mutáciu, pri ktorej dochádza k obmene genetickej informácie pôvodného jedinca. Nový jedinec jednoduchého rozvrhu tak obsahuje novú genetickú informáciu. Rovnako v tomto prípade je ohodnotená jeho objektívna funkcia a ak je lepšia, jedinec je zachovaný.

Doktor1	0		Doktor1	0
Doktor2	1		Doktor2	0
Doktor3	0		Doktor3	1
Doktor4	0		Doktor4	0
Doktor5	1		Doktor5	0
Doktor6	0		Doktor6	0
Doktor7	0		Doktor7	0
Doktor8	0		Doktor8	0
Doktor9	0		Doktor9	1
Doktor10	0		Doktor10	0
Doktor11	0		Doktor11	0
Doktor12	0		Doktor12	0
Doktor13	1		Doktor13	0
Doktor14	0		Doktor14	0
Doktor15	0		Doktor15	0
Doktor16	0		Doktor16	1
Doktor17	0	=	Doktor17	0
Doktor18	0		Doktor18	0
Doktor19	0		Doktor19	0
Doktor20	0		Doktor20	0
Doktor21	0		Doktor21	0
Doktor22	0		Doktor22	0
Sestra1	0		Sestra1	0
Sestra2	1		Sestra2	0
Sestra3	0		Sestra3	0
Sestra4	0		Sestra4	0
Sestra5	1		Sestra5	1
Sestra6	0		Sestra6	0
Sestra7	0		Sestra7	0
Sestra8	1		Sestra8	1
Sestra9	0		Sestra9	0
Sestra10	0		Sestra10	0
Sestra11	0		Sestra11	1
Sestra12	0		Sestra12	0

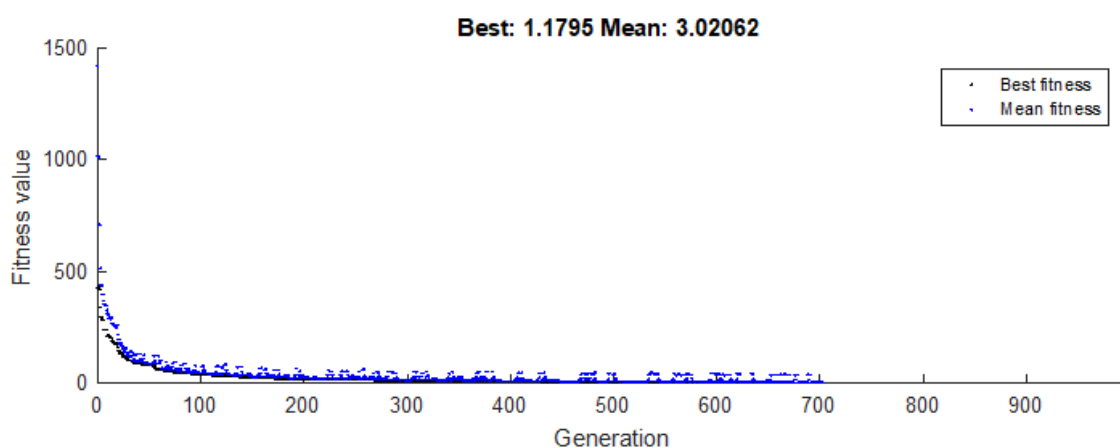
Obr. 7 Príklad mutácie na jednoduchom rozvrhu

Zdroj: Vlastné spracovanie

Pri prvej tvorbe mesačných rozvrhov služieb sme použili nasledovné nastavenie algoritmu:

Použitá funkcia:	Fitness funkcia mäkkých obmedzení
Počet generácií:	1000
Veľkosť populácie:	50
Počet premenných:	34
Miera mutácie:	0,1
Miera kríženia	0,75
Miera elít	0,05

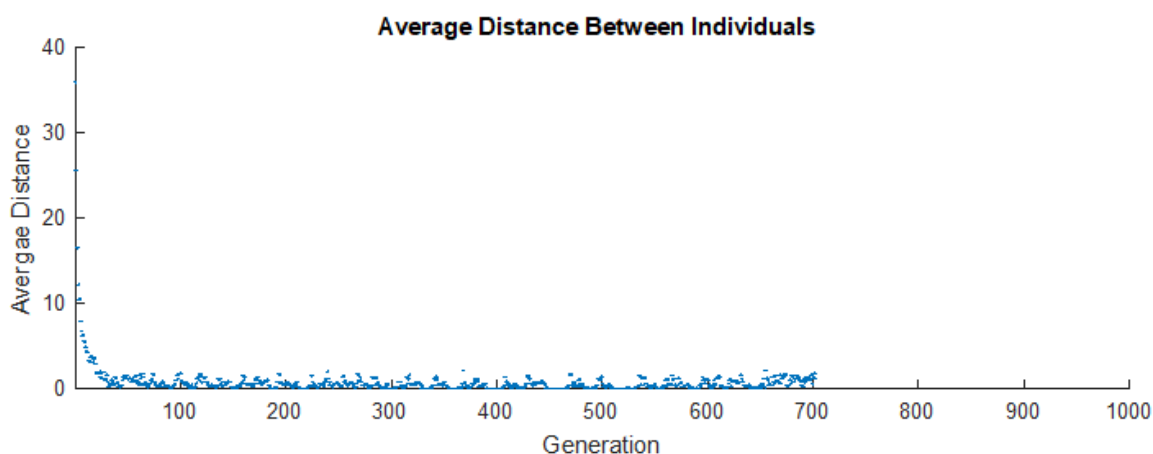
Graf 4 prezentuje hodnotu fitness (objektívnej) funkcie najlepšieho jedinca v každej generácii, ako aj strednú hodnotu objektívnej funkcie. Najlepšia hodnota bola dosiahnutá vo výške 1,1795. Napriek skutočnosti, že v nastavení algoritmu bol definovaný počet generácií na 1000, jedno z ponechaných kritérií bola aj priemerná zmena hodnoty objektívnej funkcie. Tým, že po dlhší počet nových generácií nedochádzalo k zlepšeniu výsledkov, algoritmus bol zastavený.



Graf 4 Vývoj najlepších jedincov v populácii

Zdroj: Vlastné spracovanie

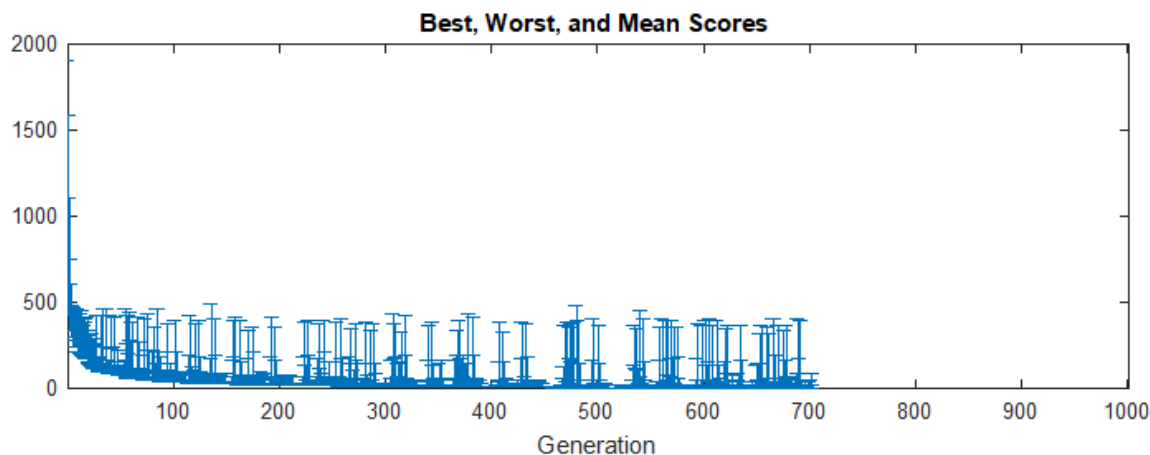
Graf 5 ilustruje priemernú vzdialenosť medzi jednotlivcami v každej generácii. Možno povedať, že po 40 generácii už nedochádzalo k významným výkyvom medzi jednotlivými chromozómami.



Graf 5 Vývoj priemernej vzdialenosti medzi jednotlivcami

Zdroj: Vlastné spracovanie

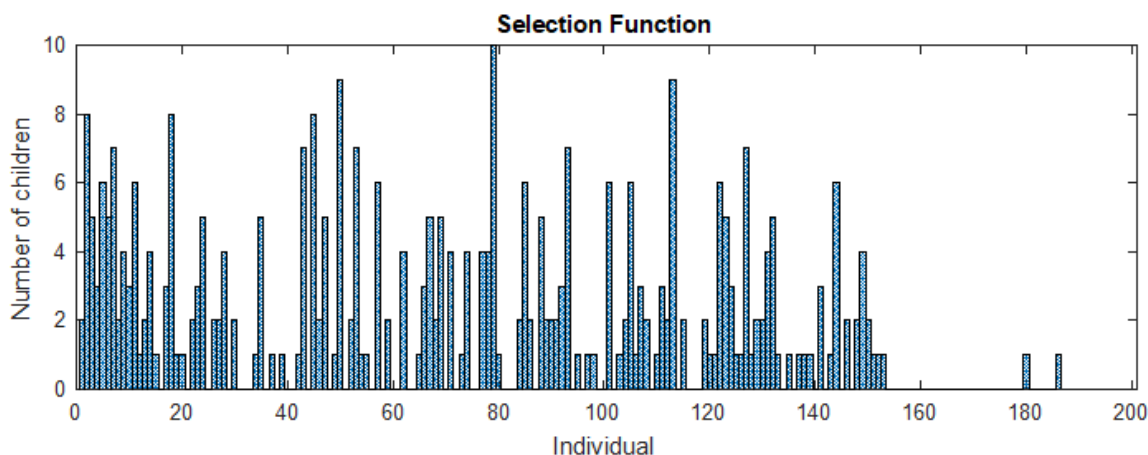
Graf 6 poukazuje na najhorších, najlepších a priemerných jedincov v každej populácii. Na jeho základe sa dá povedať, že až do zastavenia algoritmu bola miera variability obdobná.



Graf 6 Najlepší a najhorší jedinci

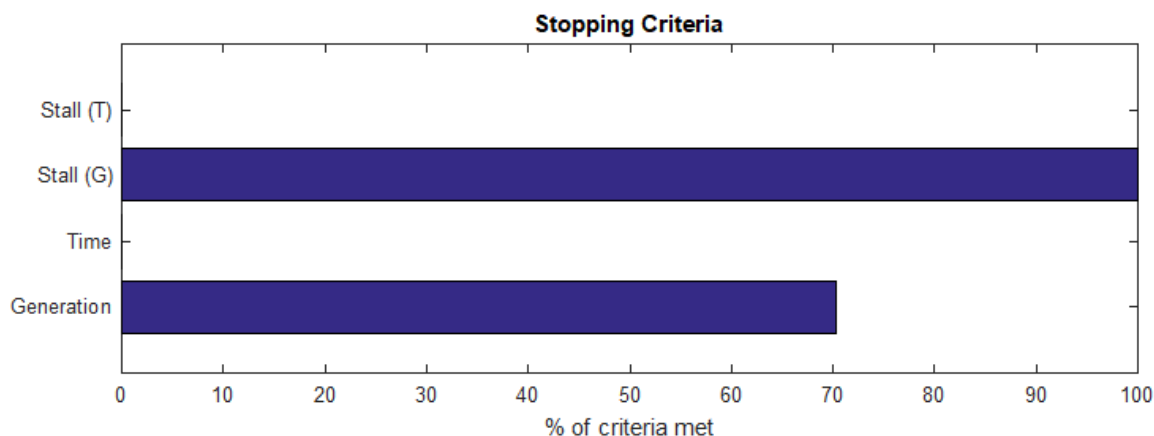
Zdroj: Vlastné spracovanie

Graf 7 ukazuje histogram jednotlivých rodičov, ktorý približuje, ktorí rodičia vplyvajú na ktorú generáciu potomkov. Graf 8 následne približuje zastavovacie kritéria algoritmu. Môžeme vidieť, že kritérium označujúce celkový počet generácií bolo naplnené na približne 70%, zatiaľ čo počet generácií, počas ktorých nedošlo k výraznejšiemu zlepšeniu dosiahol 100% zadanej hodnoty. Medzi ďalšie kritériá zastavenia algoritmu patrí čas, počas ktorého nedošlo k zlepšeniu a celkový čas výpočtu.



Graf 7 Histogram rodičov

Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 8 Kritériá zastavenia algoritmu

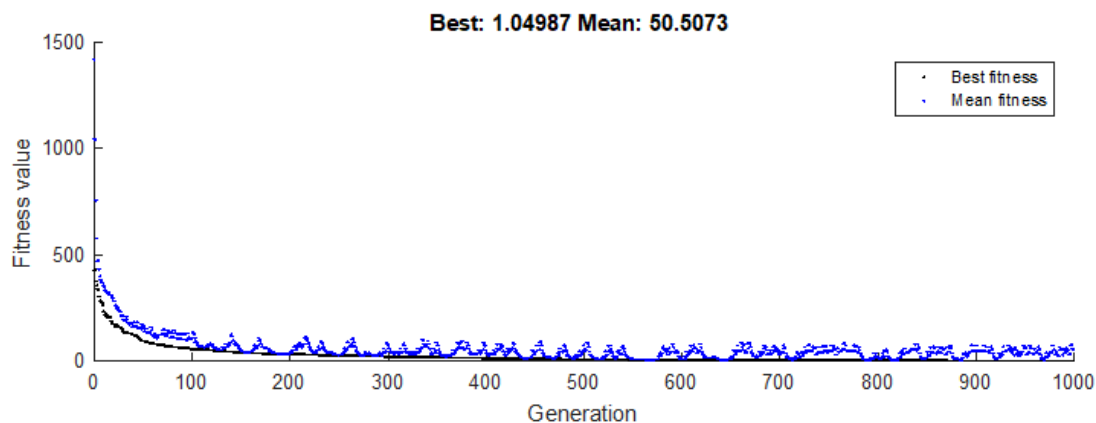
Zdroj: Vlastné spracovanie

S cieľom overiť ďalšie nastavenia algoritmu pri tvorbe mesačných rozvrhov služieb sme použili nasledovné hodnoty parametrov:

Použitá funkcia:	Fitness funkcia mäkkých obmedzení
Počet generácií:	1000
Veľkosť populácie:	50
Počet premenných:	34
Miera mutácie:	0,15
Miera kríženia	0,8
Miera elit	0,1

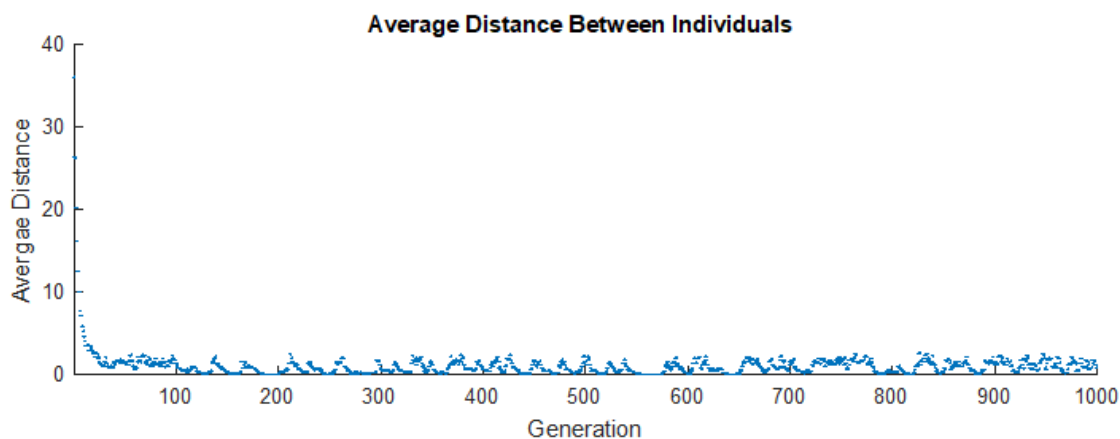
Graf 9 prezentuje hodnotu fitness (objektívnej) funkcie najlepšieho jedinca v každej generácii, ako aj strednú hodnotu objektívnej funkcie. Najlepšia hodnota bola dosiahnutá vo výške 1,04987, čo je výrazne lepší výsledok v porovnaní s predchádzajúcim nastavením. V tomto prípade už došlo ku ukončeniu algoritmu na základe stanoveného počtu generácií 1000. Možno ale vidieť, že od určitého času dochádza ku konvergencii hodnôt objektívnej funkcie najlepšieho jednotlivca a strednej hodnoty objektívnej funkcie.

Graf 10 ilustruje priemernú vzdialenosť medzi jednotlivcami v každej generácii. V porovnaní s predchádzajúcimi hodnotami jednotlivých parametrov možno vidieť obdobnú fluktuáciu. Graf 11 následne poukazuje na najhorších, najlepších a priemerných jedincov v každej populácii. Na jeho základe sa dá povedať, že až do zastavenia algoritmu v generácii číslo 1000 bola miera variability medzi najlepším a najhorším jedincom veľmi podobná.



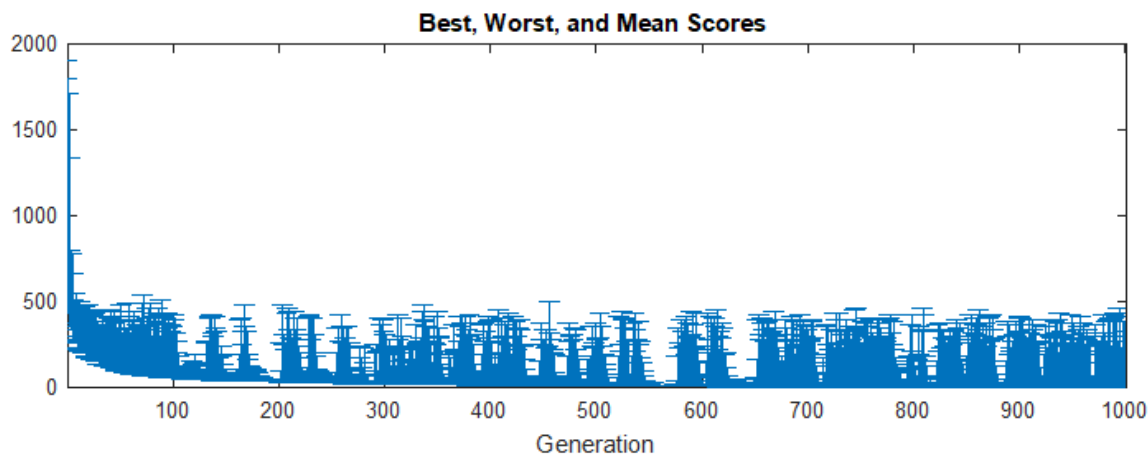
Graf 9 Vývoj najlepších jedincov v populácii

Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 10 Vývoj priemernej vzdialenosti medzi jednotlivcami

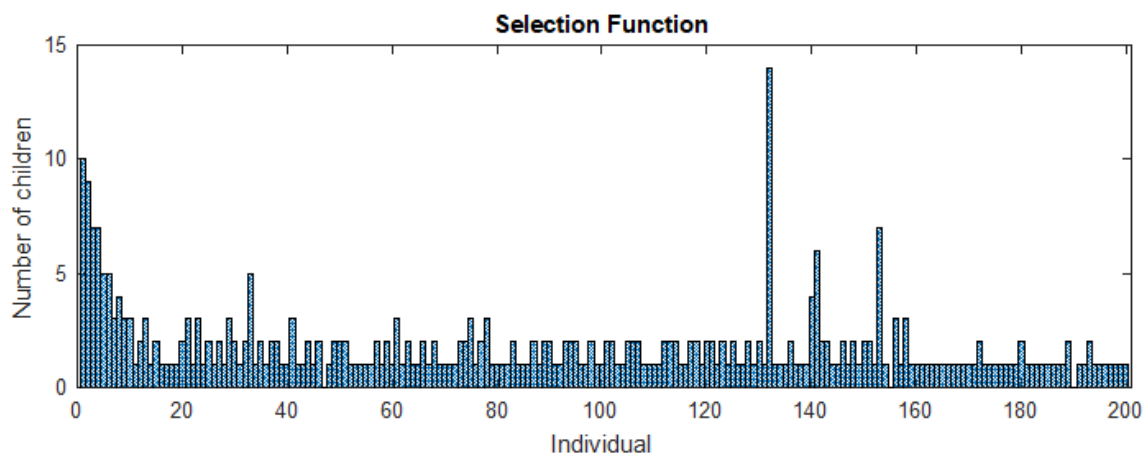
Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 11 Najlepší a najhorší jedinci

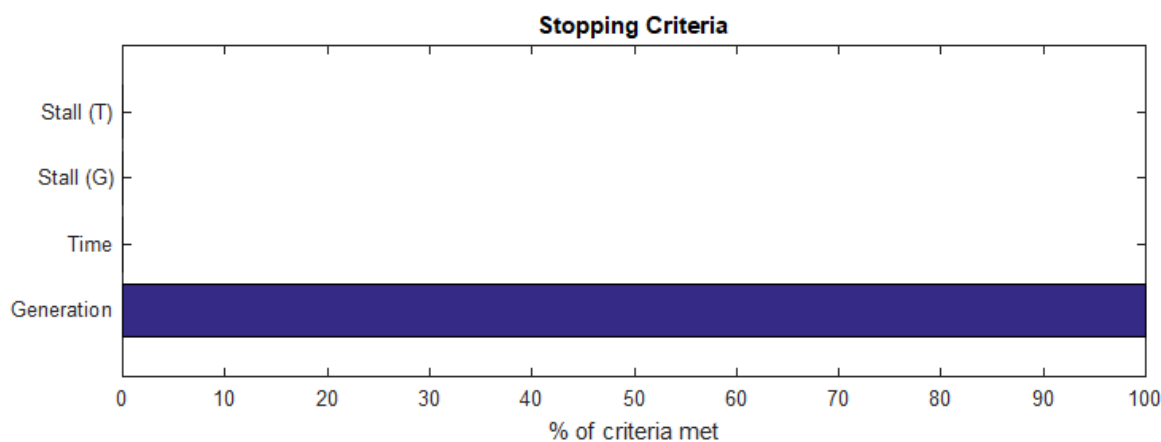
Zdroj: Vlastné spracovanie

Graf 12 ukazuje histogram jednotlivých rodičov, ktorý približuje, ktorí rodičia vplývajú na ktorú generáciu potomkov. Graf 13 následne približuje zastavovacie kritéria algoritmu. Môžeme vidieť, že kritérium označujúce celkový počet generácií bolo naplnené na 100%.



Graf 12 Histogram rodičov

Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 13 Kritériá zastavenia algoritmu

Zdroj: Vlastné spracovanie

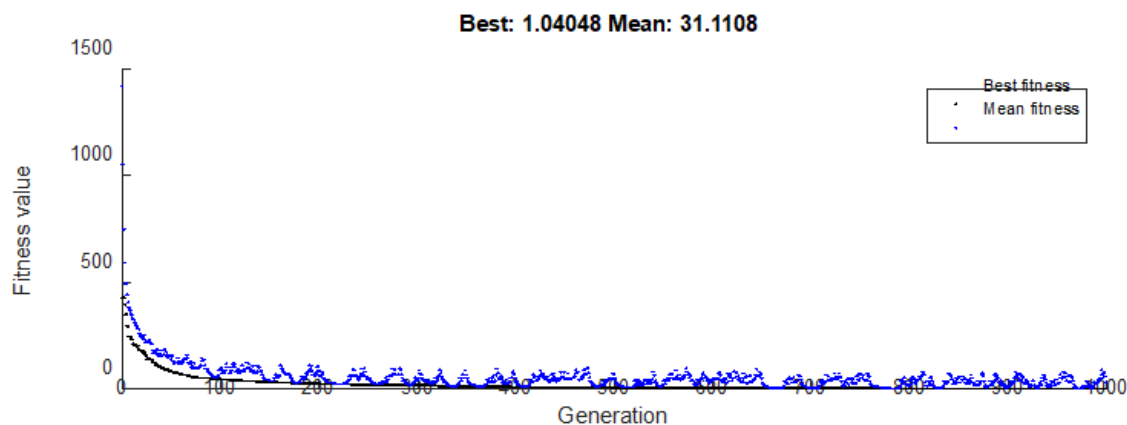
Aby sme overili efektivitu nastaveného algoritmu, použili sme totožné hodnoty jednotlivých parametrov, avšak zmenili sme spôsob selekcie z metódy turnaja na selekciu jednotlivcov vhodných na kríženie prostredníctvom techniky rulety. Nastavené hodnoty parametrov teda ostali:

Použitá funkcia:	Fitness funkcia mäkkých obmedzení
Počet generácií:	1000
Veľkosť populácie:	50

Počet premenných:	34
Miera mutácie:	0,15
Miera kríženia	0,8
Miera elít	0,1

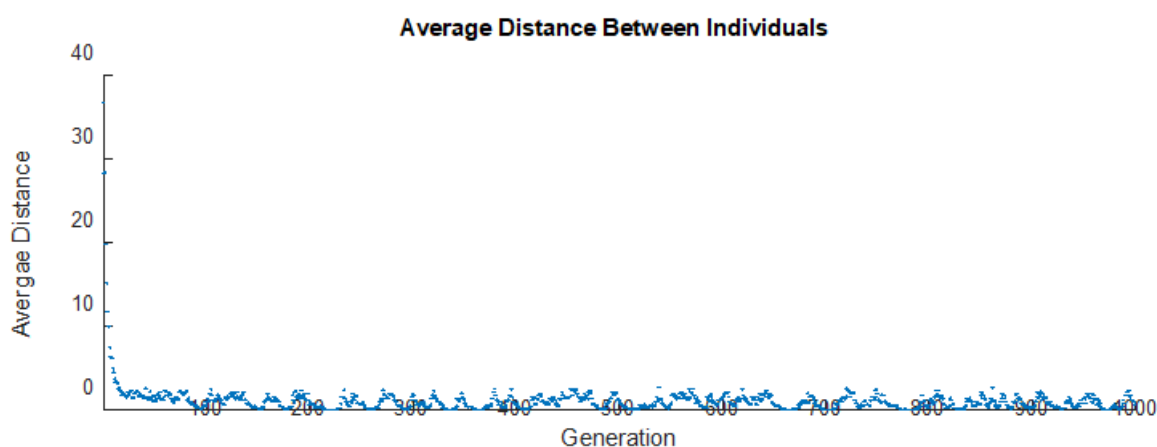
Graf 14 prezentuje hodnotu fitness (objektívnej) funkcie najlepšieho jedinca v každej generácii, ako aj strednú hodnotu objektívnej funkcie. Najlepšia hodnota bola dosiahnutá vo výške 1,04048, čo je ešte lepší výsledok než v prípade selekcie turnajom pri rovnakých nastaveniach kľúčových parametrov algoritmu. Aj v tomto prípade došlo ku ukončeniu algoritmu na základe stanoveného počtu generácií 1000.

Graf 15 ilustruje priemernú vzdialenosť medzi jednotlivcami v každej generácii. V porovnaní s predchádzajúcimi hodnotami jednotlivých parametrov možno vidieť obdobnú fluktuáciu.



Graf 14 Vývoj najlepších jedincov v populácii

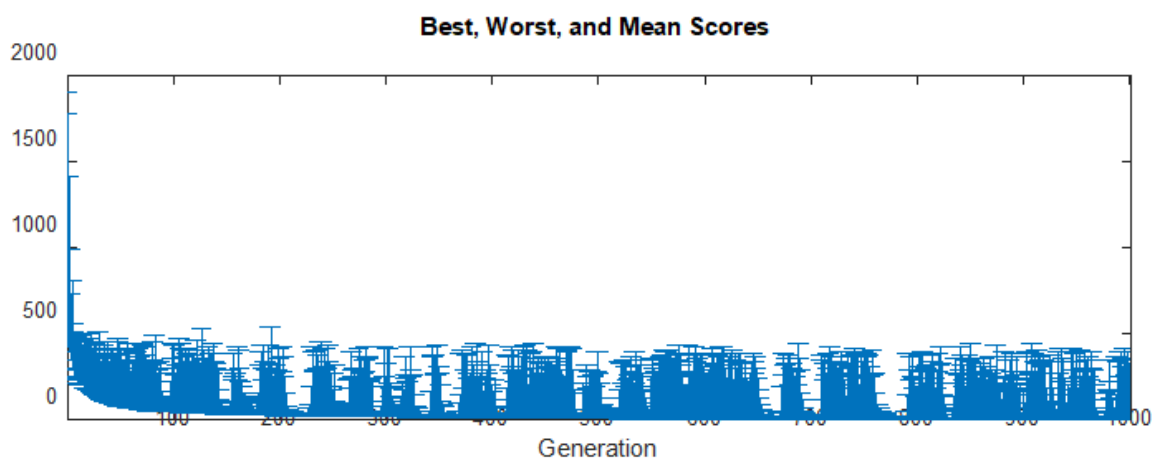
Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 15 Vývoj priemernej vzdialenosti medzi jednotlivcami

Zdroj: Vlastné spracovanie

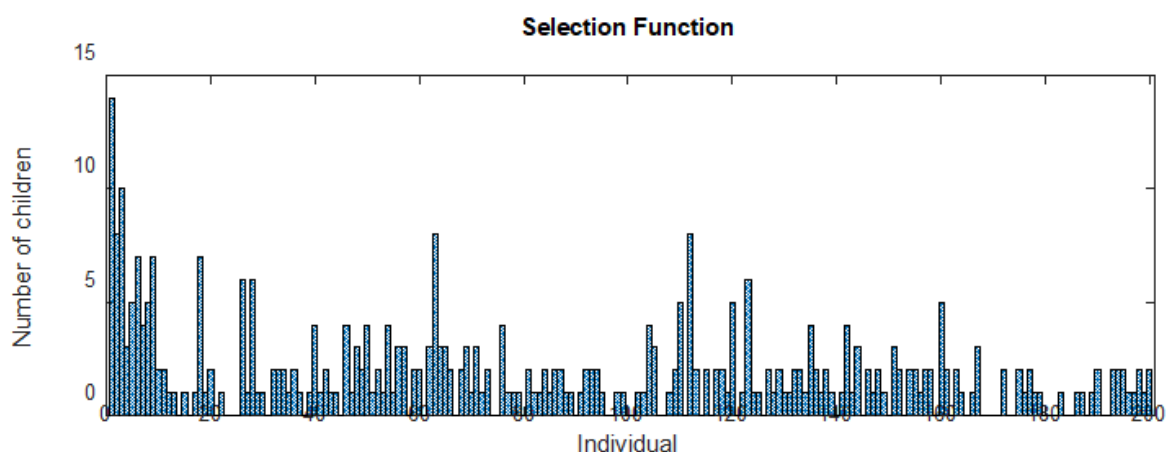
Graf 16 následne poukazuje na najhorších, najlepších a priemerných jedincov v každej populácii. Na jeho základe sa dá povedať, že až do zastavenia algoritmu v generácii číslo 1000 bola miera variability medzi najlepším a najhorším jedincom veľmi podobná.



Graf 16 Najlepší a najhorší jedinci

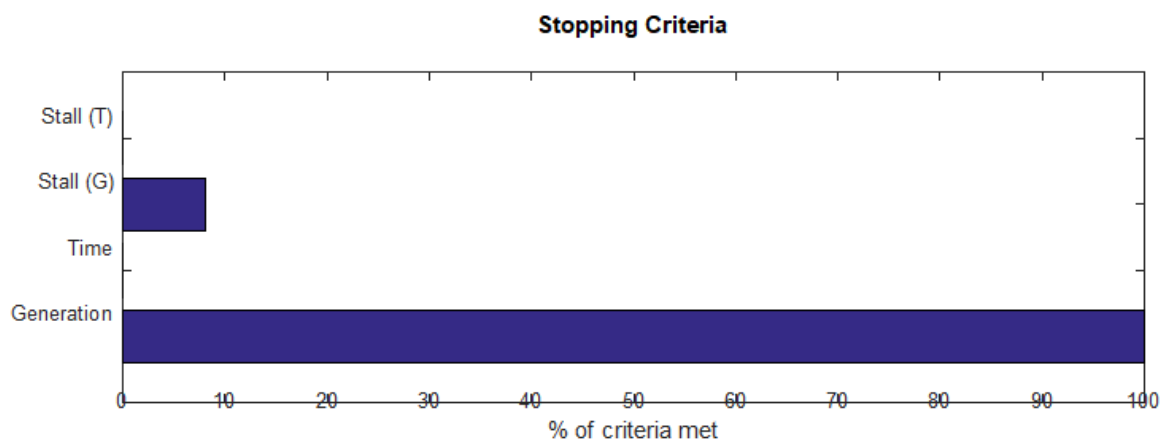
Zdroj: Vlastné spracovanie

Graf 17 ukazuje histogram jednotlivých rodičov, ktorý približuje, ktorí rodičia vplyvajú na ktorú generáciu potomkov a graf 18 následne približuje zastavovacie kritéria algoritmu. Môžeme vidieť, že kritérium označujúce celkový počet generácií bolo naplnené na 100%, avšak v určitom čase dochádzalo aj k situácii, že zlepšovanie objektívnej funkcie medzi jednotlivými generáciami bolo veľmi malé.



Graf 17 Histogram rodičov

Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 18 Kritériá zastavenia algoritmu

Zdroj: Vlastné spracovanie

Ako možno vidieť na testovaných nastaveniach jednotlivých modelov, optimálna aplikácia genetických algoritmov, podobne ako iných metaheuristických techník, je často záležitosťou metódy pokusov a omylov (trial and error approach). Tým, že prvotná populácia je generovaná náhodne, ani pri totožnom nastavení nemusí algoritmus dôjsť k zhodným výsledkom, čo mierne komplikuje porovnateľnosť jednotlivých modelov a posúdenie správnosti definovaných hodnôt kontrolných premenných. Do veľkej miery je správny prístup podmienený aj skúsenosťami výskumníka, ktoré mu umožnia postupovať pri pokusoch rýchlejšie a efektívnejšie. Tým, že potenciálnych nastavení a kontrolných parametrov algoritmu existuje pomerne veľké množstvo, občas je užitočné riadiť sa určitými heuristikami, ktoré vychádzajú z výskumnej praxe, prípadne z matematickej konštrukcie jednotlivých metód v sledovanom algoritme či celkovo metaheuristike ako takej.

Na základe našich výsledkov možno konštatovať, že genetické algoritmy predstavujú vhodnú techniku na riešenie rozvrhovacej úlohy v podobe plánovania zmien zdravotníckeho personálu. Vedúcim pracovníkom môžu zjednodušiť a zefektívniť prácu, zatiaľ čo samotným zamestnancom zvýšiť kvalitu pracovnej činnosti v podobe maximalizácie požadovaných mäkkých obmedzení. Obr. 8 už prezentuje finálny rozvrh mesačných zmien zdravotníckeho personálu na sledovanom oddelení, ktorý dosiahol najnižšiu hodnotu objektívnej funkcie a v porovnaní s manuálnym vypracovaním trvalo jeho zhotovenie niekoľko desiatok sekúnd.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Doktor1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Doktor2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Doktor3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Doktor4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
Doktor5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Doktor8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor9	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Doktor13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Doktor14	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Doktor15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Doktor16	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Doktor18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor19	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Doktor21	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doktor22	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Sestra1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Sestra2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Sestra3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Sestra4	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Sestra5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Sestra6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Sestra7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Sestra8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Sestra9	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sestra10	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
Sestra11	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Sestra12	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Obr. 8 *Finálny mesačný rozvrh*

Zdroj: Vlastné spracovanie

5 Diskusia

Problémom rozvrhovania činností nemocničných zamestnancov sa v posledných desaťročiach zaoberalo množstvo personálnych manažérov, výskumných pracovníkov a počítačových expertov. Táto doména často pokrýva problémy so zamestnanosťou, rozpočtovaním, ako aj krátkodobým plánovaním. Hoci tieto segmenty majú zvyčajne rôzne časové horizonty, sú navzájom silne prepojené. Rozvrhnutie obsadenia pozícií nemocničného personálu je navyše obzvlášť náročné z dôvodu rôznych personálnych potrieb v rôznych dňoch a ich fázach. Na rozdiel od mnohých iných organizácií, pracujú zdravotnícke zariadenia nepretržite. Nepravidelná práca na zmeny má následne vplyv na blaho a spokojnosť zdravotníckeho personálu. Miera, do akej sú zamestnanci spokojní, môže mať samozrejme vplyv aj na ich pracovné prostredie. Až donedávna sa väčšina problémov s plánovaním rozvrhovania nemocničného personálu v zdravotníckych zariadeniach riešila manuálne. V odbornej literatúre sa takýto postup niekedy nazýva i samoplánovanie (Silvestro – Silvestro, 2000).

5.1 Zhodnotenie výsledkov

Manuálne plánovanie bolo veľmi často časovo náročnou úlohou. Plánovači totiž nemali žiaden automatický nástroj na testovanie kvality zostaveného rozvrhu.

V opakujúcom sa procese využívali veľmi priame obmedzenia pracovného a voľného času. V skutočnosti však aj v súčasnosti mnoho nemocníc s implementovanými počítačovými plánovacími systémami naďalej nevyužíva celú možnú kapacitu svojho výpočtového potenciálu. Funkcie plánovania úprav sa používajú relatívne často, ale funkcie automatického generovania plánov sa stále v praxi bežne nevyskytujú. Dôležitosť systematického prístupu k vytváraniu optimálnych časových harmonogramov je zdravotníctve vysoká, pretože je neprijateľné nerešpektovať potreby starostlivosti o pacientov, ako aj požiadavky zamestnancov, ktorých je v poslednom desaťročí z dôvodu častého vycestovania tých najlepších akútny nedostatok.

Automatizované prístupy majú významný potenciál v oblasti zlepšenia procesu kreácie rozvrhu a výslednej kvality týchto rozvrhov. Matematické alebo heuristické prístupy môžu ľahko viesť k efektívnym riešeniam, môžu podať správu o kvalite plánov a môžu sa pokúsiť rozdeliť prácu rovnomerne medzi zainteresovaný personál. Jednou z najvýznamnejších výhod automatizácie procesu personálneho plánovania je značná úspora

času pre zapojených administratívnych pracovníkov. Aj keď je hlavný cieľ personálneho plánovania nemocníc a iných zdravotníckych zariadení s rozvrhovaním zamestnancov rovnaký, ich prevádzkové problémy, a teda aj prístupy na ich riešenie sa často značne líšia.

Musíme však zdôrazniť, že pojem rozvrhovania má v literatúre viacero rôznych významov. Wren (1996) definoval rozvrhovanie ako umiestnenie zdrojov s ohľadom na obmedzenia. Úmyslom je minimalizovať nejaký cieľový parameter alebo jednoducho získať uskutočniteľné rozdelenie. Zdroje sa teda rozpisujú prostredníctvom rozvrhu. V literatúre sa rozvrhovanie často odvoláva na krátkodobé rozvrhnutie personálu (s typickým časovým horizontom maximálne niekoľkých týždňov). My sa však zameriavame na proces rozvrhnutia zdravotníckeho personálu na obdobia práce trvajúce minimálne niekoľko týždňov. Vo všeobecnom rozvrhovaní nemocničného personálu existujú rôzne prístupy pre rôzne časové horizonty. V krátkosti budeme diskutovať len o dlhodobom rozhodovaní v oblasti riadenia, respektíve zdôrazňovať rozdiely medzi zostavením zoznamu práce a dlhodobým plánovaním. V literatúre je obvyklá nasledujúca terminológia:

- Obdobie plánovania. Plánovacie obdobie je časový interval, v ktorom musí byť personál naplánovaný. Typická dĺžka plánovacieho obdobia je 4 týždne.
- Kategória zručností. Určuje triedu zamestnancov, ktorí majú určitú úroveň kvalifikácie, zručností alebo schopností.
- Typ zaradenia. Druhy zmien sú nemocničné povinnosti, ktoré majú zvyčajne dobre definovaný čas začiatku a konca. Mnoho problémov s rozmiestnením zdravotníckeho personálu sa týka troch tradičných zmien (alebo ich drobných variantov) - včas (napr. 6:00–14:00), neskoro (14:00–22:00) a noc (22:00–6:00).
- Obmedzenia pokrytia. Obmedzenia pokrytia vyjadrujú počet zamestnancov potrebných pre každú kategóriu zručností a pre každú zmenu alebo časový interval počas celého plánovacieho obdobia. Často sa označujú ako personálne požiadavky. V nemocniciach je bežné, že obmedzenia pokrytia boli určené určitým systémom merania pracovnej záťaže (napr. Klasifikačný systém pacienta), pomermi pracovník-pacient alebo metódami predpovedania.
- Časové obmedzenia. Tieto obmedzenia sa vzťahujú na všetky obmedzenia týkajúce sa osobných plánov. Do tejto kategórie patria všetky osobné požiadavky, osobné preferencie a obmedzenia týkajúce sa vyváženia pracovného zaťaženia personálu.

- Tvrdé obmedzenia sú tie, ktoré sa musia uspokojiť za každú cenu, teda súvisia s aktuálne platnou legislatívou.
- Mäkké obmedzenia sú tie, ktoré sú žiaduce, ale je potrebné ich porušiť, aby sa vytvorilo realizovateľné riešenie.
- Pracovný poriadok. Zmluva, ktorú majú zamestnanci v zdravotníckom zariadení často stanovuje pre zdravotný personál množstvo časových obmedzení.

Aby sa dosiahlo uskutočniteľné riešenie, je potrebné splniť obmedzenia pokrytia pre všetky kategórie zručností a pre každý jednotlivý deň (a typ zmeny) 4-týždňového plánovacieho obdobia (to označujeme ako tvrdé obmedzenia). Pritom sa zodpovedná osoba pokúša minimalizovať počet porušení želaných časových obmedzení personálu (považujeme za mäkké obmedzenia). Ako sme videli v predchádzajúcom texte, existuje veľmi vysoký počet možných riešení tohto pomerne jednoduchého problému zostavovania zmien zdravotníckeho personálu.

Ako môžeme vidieť, priebehu posledných desaťročí autori vytvorili širokú škálu modelov rozvrhovania zdravotníckeho personálu, ktoré využívajú mnoho rôznych metód a riešia veľa verzií daného problému. Tieto techniky sa menili od jednoduchých po veľmi pokročilé. Jedným z kľúčových bodov, ktoré je možné vyvodiť z analýzy literatúry v priebehu rokov, je však to, že len veľmi málo rozvinutých prístupov je vhodných na priame riešenie zložitých problémov v reálnom svete. Mnohé z modelov, ktoré boli prezentované a prediskutované, sú príliš jednoduché na to, aby sa dali univerzálne a priamo uplatniť na nemocničných oddeleniach. Tento bod je ešte výraznejší, ak uvažujeme o moderných problémoch vo veľkých a rušných nemocniciach. Medzi výskumom rozvrhovania zdravotníckeho personálu a náročnými požiadavkami dnešného reálneho nemocničného prostredia existuje pomerne široká priepasť. Kľúčovým vedeckým cieľom plánovania výskumu v tejto oblasti do budúcnosti je úplné a komplexné riešenie potrieb a požiadaviek skutočného sveta. Tento cieľ sa síce v literatúre rieši dlhodobo, stále však existuje značný priestor na využitie moderných technológií a na zabezpečenie schopnosti vyvinúť úroveň sofistikovanej metodiky na podporu rozhodovania.

Aj keď vo výskume rozvrhovania existuje medzera medzi teóriou a praxou, je zrejmé, že táto oblasť už prešla dlhú cestu. Moderné hybridizované techniky umelej inteligencie, ktoré integrujú informácie špecifické pre konkrétny problém, tvoria základ najúspešnejších implementácií v reálnom svete. Exaktné metódy predstavujú niektoré

z prvotných prístupov k riešeniu problému, nemôžu sa však vyrovnat' s obrovskými priestormi na vyhľadávanie, ktoré reprezentujú skutočné problémy. Presné metódy však môžu heuristike pomôcť a nejaký druh hybridnej heuristickej metódy ponúka realistický spôsob riešenia takýchto zložitých a náročných problémov. Samotné heuristické metódy sa však nedokážu vyrovnat' s dynamickým a neistým charakterom moderných problémov. Optimálne riešenia predstavujú interaktívne prístupy, ktoré zahŕňajú metódy špecifické pre daný problém, heuristiku odvodenú od špecifických znalostí problému a požadovaných obmedzení a výkonnú modernú metaheuristiku, teda prístup založený na obmedzeniach a iných metódach vyhľadávania.

5.2 Prínosy pre teóriu a prax

Ako už bolo uvedené vyššie, zrejmou otázkou, ktorej musí čeliť výskum v oblasti rozvrhovania zdravotníckych zamestnancov, je vyvinúť modely a techniky riešenia problémov, ktoré zachytia potreby a požiadavky skutočnej situácie. Ako sme už spomenuli v predchádzajúcej diskusii, mnoho pokusov o riešenie plánovania sa zameriavalo na zjednodušené problémy.

Tieto zjednodušené modely môžu poskytovať algoritmický náhľad (vo všeobecnom zmysle) a môžu poskytovať referenčné metódy pri testovaní nových algoritmov a vývoja v danej oblasti, naviac priamo posúvajú našu schopnosť riešiť skutočné problémy s rozvrhovaním zdravotníckeho personálu v skutočných nemocniciach. V praxi sa totiž musíme zaoberať celým radom požiadaviek, ktoré na proces rozvrhovania kladú moderné nemocničné pracoviská.

Implementácia metaheuristických metód v podobe genetických algoritmov do problému rozvrhovania zdravotníckeho personálu rozširuje aktuálny stav poznania v danej problematike. V tejto práci nadväzujeme na predchádzajúce výskumy a preukazujeme význam integrácie moderných výpočtových metód do praxe. Tým, že práca využíva reálne údaje o zdravotníckych pracovníkoch v konkrétnej slovenskej nemocnici, možno ju považovať za prepojenie teórie s praxou a jej výsledky za použiteľné v skutočnom zdravotníckom zariadení.

Rozvrhovacia úloha je prítomná takmer na všetkých zdravotníckych pracoviskách a jej efektívne riešenie môže napomôcť nielen k zvýšenej kvalite pracovného prostredia zdravotníckeho personálu, ale zároveň aj optimalizovať jeho stav.

Ideálny rozvrh po zohľadnení všetkých mäkkých i tvrdých obmedzení môže totiž poukázať na nadbytočnosť niektorých pracovníkov, respektíve ich úväzkov so zdravotníckym zariadením. Algoritmicky vytvorený rozvrh rovnako ušetrí čas vedúcich pracovníkov oddelenia (primár, zástupca primára), ktorí rozvrhy robili doposiaľ manuálne.

Záver

Zdravotnícke zariadenia majú oproti ostatným podnikateľským subjektom svoje špecifiká, ktoré nie je možné pri tvorbe stratégie opomínať a prehliadať. Cieľom práce je na nich poukázať a zamerať sa na zvýšenie efektívnosti rozvrhovacieho procesu konkrétneho zdravotníckeho zariadenia s využitím moderných metaheuristických metód, konkrétne genetických algoritmov. Tie sú založené na imitácii evolučného vývoja biologických organizmov, čo im umožňuje efektívne prehľadávať priestor riešení problémov a nájsť dostatočne dobré riešenia úloh v uspokojivom časovom horizonte. Napriek určitým neodškriepiteľným rozdielom sú metódy a formy riadenia zdravotníckych zariadení podobné tým, ktoré sú využívané pri riadení konvenčných spoločností. Dôraz pri ich riadení musí byť kladený na kontinuálne zvyšovanie kvality a efektívnosť, ktorá predstavuje neoddeliteľnú súčasť manažérskeho riadenia v oblasti zdravotníctva. Práve sofistikované metaheuristické metódy môžu výrazne napomôcť v dosahovaní nárastu efektívnosti a majú potenciál umožniť vedeniu zdravotníckeho zariadenia optimalizovať jednotlivé parciálne procesy a činnosti, čím dôjde k zvýšeniu výkonnosti zariadenia, spokojnosti jeho klientov a v neposlednom rade aj k racionálnejšiemu vynakladaniu verejných zdrojov.

Môžeme konštatovať, že na základe naplnenia zadaných čiastkových cieľov považujeme hlavný cieľ dizertačnej práce za splnený. Genetické algoritmy v procese rozvrhovania zdravotníckeho personálu predstavujú novú generáciu výkonnejších metód na podporu rozhodovania, ktoré lepšie zachytia potreby moderného nemocničného pracoviska. Metaheuristické metódy tak určite predstavujú jeden z budúcich výskumných smerov vo všeobecnejšom kontexte plánovania personálu.

Zoznam použitej literatúry

1. ADBY, Paul. 2013. Introduction to optimization methods. Springer Science Business Media.
2. ADEKOLA, Abel – SERGI, Bruno. S. 2016. *Global business management: A cross-cultural perspective*. Routledge.
3. AICKELIN, Uwe – DOWSLAND, A. Kathryn. 2000. *Exploiting problem structure in a genetic algorithm approach to a nurse rostering problem*. Journal of scheduling, 3(3), 139-153.
4. AICKELIN, Uwe – DOWSLAND, A. Kathryn. 2004. *An indirect genetic algorithm for a nurse-scheduling problem*. Computers Operations Research, 31(5), 761-778.
5. AL-NAJJAR, M. Sabah – ALI, Hussain Samir. 2011. Staffing and scheduling emergency rooms in two public hospitals: a case study. *International Journal of Business Administration*, 2(2), 137.
6. ANDERSON, Ross – GAMARNIK, David. 2012. Scheduling interns in hospitals: Queueing models and fluid approximations. *Under Review with Operations Research*.
7. ANZAI, Masaya – MIURA, Yoshihiko. 1987. Computer program for quick work scheduling of nursing staff. *Medical Informatics*, 12(1), 43-52.
8. ARYA, L. Kumar – VERMA, Amandeep. 2014. Workflow scheduling algorithms in cloud environment-A survey. In *Engineering and Computational Sciences (RAECS), 2014 Recent Advances in* (pp. 1-4). IEEE.
9. AYKIN, Turgut. 2000. A comparative evaluation of modeling approaches to the labor shift scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 125(2), 381-397.
10. BALLESTÍN, Francisco – BLANCO, Rosa. 2011. Theoretical and practical fundamentals for multi-objective optimisation in resource-constrained project scheduling problems. *Computers Operations Research*, 38(1), 51-62.
11. BAIZID, Khelifa – YOUSNADJ, Ali – MEDDAHI, Amal – CHELLALI, Ryad – IQBAL, Jamshed. 2015. Time scheduling and optimization of industrial robotized tasks based on genetic algorithms. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 34, 140-150.
12. BARNEY, B. Jay – HESTERLY, William. 2015. *Strategic management and competitive advantage concepts and cases*. Pearson.

13. BLAU, A. Roger – SEAR, M. Alan. 1983. *Nurse scheduling with a microcomputer. The Journal of ambulatory care management*, 6(3), 1-13.
14. BLUM, Christian – ROLI, Andrea. 2003. Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 35(3), 268-308.
15. BOUSSAÏD, Ilhem – LEPAGNOT, Julien – SIARRY, Patrick. 2013. A survey on optimization metaheuristics. *Information Sciences*, 237, 82-117.
16. BRADLEY, D. Jay., MARTIN, J. Bill. 1991. *Continuous personnel scheduling algorithms: a literature review*. Journal of the Society for Health Systems, 2(2), 8-23.
17. BUTTAZZO, Giorgio. 2011. *Hard real-time computing systems: predictable scheduling algorithms and applications* (Vol. 24). Springer Science Business Media.
18. CARRASCO, C. Rafael. 2010. *Long-term staff scheduling with regular temporal distribution*. Computer methods and programs in biomedicine, 100(2), 191-199.
19. CHARLES, G. Anthony – ORTIZ-PUJOLS, Shiara – RICKETTS, Thomas – FRAHER, Erin – NEUWAHL, Simon – CAIRNS, Bruce. – SHELDON, F. George. 2013. The employed surgeon: a changing professional paradigm. *JAMA surgery*, 148(4), 323-328.
20. CHEN, P. Shun – LIN, Y. Jie – PENG, N. Chun. 2016. A two-stage method to determine the allocation and scheduling of medical staff in uncertain environments. *Computers Industrial Engineering*, 99, 174-188.
21. CHENG, Runwei – GEN, Mitsuo – TSUJIMURA, Yasuhiro. 1996. A tutorial survey of job-shop scheduling problems using genetic algorithms—I. Representation. *Computers industrial engineering*, 30(4), 983-997.
22. DE VRIES, Guus. 1987. *Nursing workload measurement as management information*. European Journal of Operational Research, 29(2), 199-208.
23. DU, K. Lin – SWAMY, M. N. S. 2016. *Search and Optimization by Metaheuristics*. Springer.
24. EASTON, F. Fred – MANSOUR, Nashat. 1993. *A distributed genetic algorithm for employee staffing and scheduling problems*. In Proceedings of the 5th International Conference on Genetic Algorithms (pp. 360-367).
25. EDEN, Colin – ACKERMANN, Fran. 2013. *Making strategy: The journey of strategic management*. Sage.

26. ERHARD, Melanie – SCHOENFELDER, Jan – FÜGENER, Andreas – BRUNNER, O. Jens. (2017). State of the art in physician scheduling. *European Journal of Operational Research*.
27. FANG, Na. – ZHOU, Jianzhong – ZHANG, Rui – LIU, Yi. – ZHANG, Yongchuan. 2014. A hybrid of real coded genetic algorithm and artificial fish swarm algorithm for short-term optimal hydrothermal scheduling. *International Journal of Electrical Power Energy Systems*, 62, 617-629.
28. FERRAND, Yann – MAGAZINE, Michael – RAO, S. Rao – GLASS, F. Todd. 2011. Building cyclic schedules for emergency department physicians. *Interfaces*, 41(6), 521-533.
29. FLOUDAS, A. Christodoulos. 1995. Nonlinear and mixed-integer optimization: fundamentals and applications. Oxford University Press.
30. FREEMAN, R. Edward. 2010. *Strategic management: A stakeholder approach*. Cambridge University Press.
31. FÜGENER, Andreas – BRUNNER, O. Jens – PODTSCHASKE, Armin. 2015. Duty and workstation rostering considering preferences and fairness: a case study at a department of anaesthesiology. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7465-7487.
32. FÜGENER, Andreas – SCHIFFELS, Sebastian – KOLISCH, Rainer. 2017. Overutilization and underutilization of operating rooms-insights from behavioral health care operations management. *Health care management science*, 20(1), 115-128.
33. GHAZALBASH, Somayeh. – SEPEHRI, M. Mohammad – SHADPOUR, Pejman – ATIGHEHCHIAN, Arezoo. 2012. Operating room scheduling in teaching hospitals. *Advances in Operations Research*, 2012.
34. GANGULY, Subhamoy – LAWRENCE, Stephen – PRATHER, Mark. 2014) Emergency department staff planning to improve patient care and reduce costs. *Decision Sciences*, 45(1), 115-145.
35. GENDREAU, Michel – POTVIN, J. Yves. 2010. *Handbook of metaheuristics* (Vol. 2). New York: Springer.
36. GEORGE, Jennifer – JONES, Gareth. 2015. *Contemporary management*. McGraw-Hill.
37. GODINHO FILHO, Moacir – BARCO, C. Fullin – NETO, R. F. T.avares 2014. Using Genetic Algorithms to solve scheduling problems on flexible manufacturing

- systems (FMS): a literature survey, classification and analysis. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26(3), 408-431.
38. GOLDBERG, E. David 2013. *The design of innovation: Lessons from and for competent genetic algorithms* (Vol. 7). Springer Science Business Media.
 39. GRAY, J. Juan – MCINTIRE, David – DOLLER, H. Jay. 1993. Preferences for specific work schedules: foundation for an expert-system scheduling program. *Computers in Nursing*, 11(3), 115-121.
 40. KUO, Y. Hong. 2014. Integrating simulation with simulated annealing for scheduling physicians in an understaffed emergency department. *HKIE Transactions*, 21(4), 253-261.
 41. HAPPELL, Brenda – PALMER, Christine. 2010. The mental health nurse incentive program: The benefits from a client perspective. *Issues in Mental Health Nursing*, 31(10), 646-653.
 42. HEKELOVÁ, Zuzana. 2012. *Manažerské znalosti a dovednosti pro sestry*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2012. 128 s. ISBN 978-80-247-4032-4.
 43. HILL, Charles W – JONES, Gareth R – SCHILLING, Melissa A. 2014. *Strategic management: theory: an integrated approach*. Cengage Learning.
 44. HIRIART-URRUTY, Jean B – LEMARÉCHAL, Claude. 2013. *Convex analysis and minimization algorithms I: Fundamentals* (Vol. 305). Springer science business media.
 45. HITT, A. Michael – IRELAND, R. Duane – HOSKISSON, Robert E. 2012. *Strategic management cases: competitiveness and globalization*. Cengage Learning.
 46. IVANOVÁ, Kateřina. 2006. *Základy etiky a organizační kultury v managementu zdravotnictví*. 1. vyd. Praha: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. 240 s. ISBN 978-80-701-3442-9.
 47. JAROŠOVÁ, Darja. a kol. 2007. Profesní příprava mentorů na Zdravotně sociální fakultě Ostravské univerzity. In *Ošetrovatelstvo teória, výskum a vzdelávanie*. Eds. J. Čáp, K. Žiaková. Martin : Univerzita Komenského v Bratislave, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Ústav ošetrovatelstva, 2007. s. 204-208. ISBN 978-80-88866-43-5.
 48. JOO, Chung. M., KIM, B. Soo. 2015. Hybrid genetic algorithms with dispatching rules for unrelated parallel machine scheduling with setup time and production availability. *Computers Industrial Engineering*, 85, 102-109.

49. KIRSCH, Uri. 2012. *Structural optimization: fundamentals and applications*. Springer Science Business Media.
50. LASSERRE, Philippe. 2012. *Global strategic management*. Palgrave Macmillan.
51. MATTFELD, C. Dirk 2013. *Evolutionary search and the job shop: investigations on genetic algorithms for production scheduling*. Springer Science Business Media.
52. MITCHELL, Melanie. 1998. *An introduction to genetic algorithms*. MIT press.
53. MCMANUS, L. Michael – LONG, Michael C – COOPER, Abbot – MANDELL, James – BERWICK, D.onaldM – PAGANO, Marcello – LITVAK, Eugene. 2003. Variability in surgical caseload and access to intensive care services. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 98(6), 1491-1496.
54. ÖHMAN, Peter – HÄCKNER, Einar – SÖRBOM, Dag. 2012. Client satisfaction and usefulness to external stakeholders from an audit client perspective. *Managerial Auditing Journal*, 27(5), 477-499.
55. OMAR, E. Rifai – GARAIX, Thierry – AUGUSTO, Vincent – XIE, Xiaolan. 2015. A stochastic optimization model for shift scheduling in emergency departments. *Health care management science*, 18(3), 289-302.
56. OSMAN, H. Ibrahim – KELLY, James P. 1996. Meta-heuristics: an overview. In *Meta-heuristics* (pp. 1-21). Springer US.
57. PHILLIPS, Don T. – GARCIA-DIAZ, Alberto. 1981. *Fundamentals of network analysis*. Prentice Hall.
58. PINEDO, Monje. 2015. *Scheduling*. Springer.
59. POISTER, T. Hheodore. 2010. The future of strategic planning in the public sector: Linking strategic management and performance. *Public Administration Review*, 70(s1).
60. PUENTE, Javier – GÓMEZ, Alberto – FERNÁNDEZ, Isabel – PRIORE, Paolo. 2009. Medical doctor rostering problem in a hospital emergency department by means of genetic algorithms. *Computers Industrial Engineering*, 56(4), 1232-1242.
61. RANDHAWA, Sabah U – SITOMPUL, Darwin. 1993. A heuristic-based computerized nurse scheduling system. *Computers operations research*, 20(8), 837-844.
62. RIBEIRO, C. Celso – HANSEN, Pierre. (Eds.). 2012. *Essays and surveys in metaheuristics* (Vol. 15). Springer Science Business Media.

63. ROSOCHA, Ladislav – VERNEROVA, Ssilvia – VERNER, Robert. 2014. Medical Staff Scheduling Using Simulated Annealing. *Quality Innovation Prosperity*, 19(1), 1-8.
64. ROSSETTI, Manuel D. – TRZCINSKI, Gregory. F. – SYVERUD, Scott. A. 1999. Emergency department simulation and determination of optimal attending physician staffing schedules. In *Simulation Conference Proceedings, 1999 Winter* (Vol. 2, pp. 1532-1540). IEEE.
65. ROUSSEAU, L. Martin – PESANT, Giles – GENDREAU, Michel. 2002. A general approach to the physician rostering problem. *Annals of Operations Research*, 115(1), 193-205.
66. SAMAH, A. Azurah – ZAINUDIN, Zanariah – MAJID, Hairudin. A – YUSOFF, S. N. Michaelle. 2012. A Framework using an Evolutionary Algorithm for On-call Doctor Scheduling. *Journal of Computer Science Computational Mathematics*, 2(3), 9-16.
67. SASTRY, Kumara – GOLDBERG, David. E – KENDALL, George. 2014. Genetic algorithms. In *Search methodologies* (pp. 93-117). Springer US.
68. SCHAERF, Andrea – MEISELS, Amnon. 1999, September. *Solving employee timetabling problems by generalized local search*. In Congress of the Italian Association for Artificial Intelligence (pp. 380-389). Springer, Berlin, Heidelberg.
69. SILVESTRO, Rhian – SILVESTRO, Claudio. 2000. An evaluation of nurse rostering practices in the National Health Service. *Journal of Advanced Nursing*, 32(3), 525-535.
70. SIMON, Dan. 2013. Evolutionary optimization algorithms. John Wiley Sons.
71. SINREICH, David – JABALI, Ola. 2007. Staggered work shifts: a way to downsize and restructure an emergency department workforce yet maintain current operational performance. *Health care management science*, 10(3), 293-308.
72. SITOMPUL, Darwin – RANDHAWA, Sabah U. 1990. Nurse scheduling models: a state-of-the-art review. *Journal of the Society for Health Systems*, 2(1), 62-72.
73. SMITH, Douglas. 1976. The application of an interactive algorithm to develop cyclical rotational schedules for nursing personnel. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 14(1), 53-70.
74. SMITH, L. D Douglas – WIGGINS, Andreas. 1977. A computer-based nurse scheduling system. *Computers Operations Research*, 4(3), 195-212.

75. STEAD, J. Gamer – STEAD, W. Edward. 2013. *Sustainable strategic management*. ME Sharpe.
76. STOKES, David – WILSON, Nicholas. 2010. *Small business management and entrepreneurship*. Cengage Learning EMEA.
77. SWAYNE, Linda. E – DUNCAN, W. Jack – GINTER, M. Peter. 2012. *Strategic management of health care organizations*. John Wiley Sons.
78. TALBI, E. Ghazali. 2009. *Metaheuristics: from design to implementation* (Vol. 74). John Wiley Sons.
79. TANOMARU, Julio. 1995, October. Staff scheduling by a genetic algorithm with heuristic operators. In 1995 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Intelligent Systems for the 21st Century (Vol. 3, pp. 1951-1956). IEEE.
80. TIEN, James M – KAMIYAMA, Angelica. 1982. On manpower scheduling algorithms. *SIAM review*, 24(3), 275-287.
81. TOPALOGLU, Seyda. 2009. A shift scheduling model for employees with different seniority levels and an application in healthcare. *European Journal of Operational Research*, 198(3), 943-957.
82. VAN HUELE, Christophe – VANHOUCKE, Mario. 2015. Decomposition-based heuristics for the integrated physician rostering and surgery scheduling problem. *Health Systems*, 4(3), 159-175.
83. VOß, Stefan– MARTELLO, Silvano – OSMAN, Ibrabvim. H – ROUCAIROL, Cathérine. (Eds.). 2012. *Meta-heuristics: Advances and trends in local search paradigms for optimization*. Springer Science Business Media.
84. WALL, M. Bartschi. 1996. A genetic algorithm for resource-constrained scheduling (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
85. WARD, Keith. 2012. *Strategic management accounting*. Routledge.
86. WARNER, D. Michael. 1976. Nurse staffing, scheduling, and reallocation in the hospital. *Hospital health services administration*, 21(3), 77-90.
87. WOLFE, Harvey – YOUNG, P. John. 1965. Staffing the nursing unit: Part I. Controlled variable staffing. *Nursing Research*, 14(3), 236-242.
88. WONG, T. C (Andy)– XU, Mai – CHIN, K. Sang. 2014. A two-stage heuristic approach for nurse scheduling problem: A case study in an emergency department. *Computers Operations Research*, 51, 99-110.

89. WREN, Anthony. 1995.. Scheduling, timetabling and rostering—a special relationship?. In International conference on the practice and theory of automated timetabling (pp. 46-75). Springer, Berlin, Heidelberg.
90. XU, Yuming – LI, Kenli – HU, Jingtong – LI, Keqin. 2014. A genetic algorithm for task scheduling on heterogeneous computing systems using multiple priority queues. *Information Sciences*, 270, 255-287.
91. ZELTYN, Sergey – MARMOR, Yariv N. – MANDELBAUM, Avishai – CARMELI, Boaz – GREENSHPAN, Ohad –MESIKA, Yossi – Sergev Wasserkrug – Pnina Vortman – Tirza Lauterman – SCHWARTZ, Dagan – Avraham Shtub. 2011. Simulation-based models of emergency departments:: Operational, tactical, and strategic staffing. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)*, 21(4), 24.

Prílohy

CD nosič