

Fakulta riadenia a informatiky

Téma 2

Dentálne stredisko

Semestrálna práca

Bc. Maroš Gorný  
Bc. Aurel Kubacka  
Bc. Samuel Vrana

Názov predmetu: Modelovanie biomedicínskych systémov a procesov (MBSP)  
Študijný odbor: Biomedicínska Informatika

Vyučujúci: prof. Dr. Mgr. Ivan Cimrák

Akademický rok: 2023/2024

Obsah

[ZADANIE PRÁCE 6](#_Toc165680493)

[1 Úvod 7](#_Toc165680494)

[1.1 Popis cieľa projektu 7](#_Toc165680495)

[1.2 Priblíženie problému čakacích dôb v dentálnom stredisku 7](#_Toc165680496)

[1.3 Význam optimalizácie rozvrhovania pacientov. 7](#_Toc165680497)

[2 Metodológia 8](#_Toc165680498)

[2.1 Popis simulačného modelu 8](#_Toc165680499)

[2.2 Vysvetlenie použitých algoritmov 9](#_Toc165680500)

[2.2.1 Priradenie pacientov k daným doktorom 9](#_Toc165680501)

[2.2.2 Scenáre generovania príchodov pacientov 9](#_Toc165680502)

[2.2.2.1 Scenár 1: Pravidelné rozvrhovanie 9](#_Toc165680503)

[2.2.2.2 Scenár 2: Striedavé rozvrhovanie 9](#_Toc165680504)

[2.2.2.3 Scenár 3: Rovnomerne rozmiestnené rozvrhovanie 10](#_Toc165680505)

[2.2.3 Spracovanie udalostí v simulácii 10](#_Toc165680506)

[2.2.3.1 Spracovanie príchodu pacienta 10](#_Toc165680507)

[2.2.3.2 Začiatok ošetrenia 11](#_Toc165680508)

[2.2.3.3 Ukončenie ošetrenia 11](#_Toc165680509)

[2.2.4 Inicializácia kliniky 11](#_Toc165680510)

[2.2.5 Spustenie simulácie 12](#_Toc165680511)

[3 Definície náhodných rozdelení 13](#_Toc165680512)

[3.1 Dĺžka ošetrenia 13](#_Toc165680513)

[3.2 Pravdepodobnosť komplikácií 13](#_Toc165680514)

[3.3 Čas príchodu pacientov 13](#_Toc165680515)

[3.4 Počet urgentných prípadov 13](#_Toc165680516)

[4 Paremetre simulácie 15](#_Toc165680517)

[5 Implementácia grafického rozhrania 17](#_Toc165680518)

[5.1 Popis užívateľského rozhrania 17](#_Toc165680519)

[5.2 Prezentácia výsledkov 18](#_Toc165680520)

[5.3 Screenshoty hlavných častí rozhrania 19](#_Toc165680521)

[6 Výsledky simulácií 22](#_Toc165680522)

[6.1 Kľúčové parametre simulácií 22](#_Toc165680523)

[6.2 Metodológia a výber najlepších výsledkov 22](#_Toc165680524)

[6.3 Výsledky a overenie 22](#_Toc165680525)

[6.3.1 Zaťaženie doktorov pod 100% 23](#_Toc165680526)

[6.3.1.1 5000 experimentov 24](#_Toc165680527)

[6.3.2 Zaťaženie doktorov pod 80% 25](#_Toc165680528)

[6.3.2.1 5000 experimentov 26](#_Toc165680529)

[7 Optimálne scenáre 27](#_Toc165680530)

[7.1 Vysvetlenie 27](#_Toc165680531)

[7.2 Najlepší výsledok so zaťažením doktorov pod 80 percent 27](#_Toc165680532)

[7.3 Najlepší výsledok s obmedzeným objednávaním pri konci dňa 29](#_Toc165680533)

[7.4 Prezentácia troch najlepších scenárov 31](#_Toc165680534)

[7.4.1 Scenár 1 31](#_Toc165680535)

[7.4.2 Scenár 2 33](#_Toc165680536)

[7.4.3 Scenár 3 35](#_Toc165680537)

[8 Diskúsia a závery 37](#_Toc165680538)

[8.1 Kľúčové zistenia 37](#_Toc165680539)

[8.2 Význam nastavenia cieľov 37](#_Toc165680540)

[8.3 Záver 37](#_Toc165680541)

[8.4 Odporúčanie 37](#_Toc165680542)

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Úvodná obrazovka 19

Obrázok 2 Obrazovka po spustení simulácie 20

Obrázok 3 Kumulatívny priemer a 95% IS času čakania pacientov 20

Obrázok 4 História eventov v simulácii 21

Obrázok 5 Počet pacientov v rade (prvý beh) (vyťaženosť pod 80%) 27

Obrázok 6 Celková vyťaženosť doktorov (vyťaženosť pod 80%)) 28

Obrázok 7 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (vyťaženosť pod 80%) 28

Obrázok 8 Počet pacientov v rade (prvý beh) (s obmedzeným objednávaním) 29

Obrázok 9 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (s obmedzeným objednávaním) 30

Obrázok 10 Počet pacientov v rade (prvý beh) (scenár 1) 31

Obrázok 11 Celková vyťaženosť doktorov (scenár 1) 32

Obrázok 12 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (scenár 1) 32

Obrázok 13 Počet pacientov v rade (prvý beh) (scenár 2) 33

Obrázok 14 Celková vyťaženosť doktorov (scenár 2) 33

Obrázok 15 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (scenár 2) 34

Obrázok 16 Počet pacientov v rade (prvý beh) (scenár 3) 35

Obrázok 17 Celková vyťaženosť doktorov (scenár 3) 35

Obrázok 18 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (scenár 3) 36

Zoznam tabuliek

[Tabuľka 1 Variácia vstupných parametrov 22](#_Toc165680561)

[Tabuľka 2 Výsledky simulácií pri zaťažení doktorov pod 100% 23](#_Toc165680562)

[Tabuľka 3 Najlepšie varianty simulácií pri zaťažení doktorov pod 100% 24](#_Toc165680563)

[Tabuľka 4 Výsledky simulácií pri zaťažení doktorov pod 80% 25](#_Toc165680564)

[Tabuľka 5 Najlepšie varianty simulácií pri zaťažení doktorov pod 80% 26](#_Toc165680565)

ZADANIE PRÁCE

V dentálnom stredisku je spoločná čakáreň pre niekoľko stomatológov. Väčšina pacientov je objednaná na fixný čas, avšak niekedy sa stane, že príde urgentný bolestivý prípad, ktorý má absolútnu prioritu a prvý voľný doktor ho začne vyšetrovať. Pacienti pri objednaní nie sú vopred priradení ku konkrétnym doktorom, priradzujú sa až v momente, keď sa niektorý doktor uvoľní.

Pacienti nechodia na objednané časy presne, chodia rovnomerne plus-mínus 10min.

Každý deň počas 6 hodinovej smeny príde šesť až desať akútnych prípadov. Dĺžka ošetrenia je medzi 20 až 30 minút. Priemerne každý 5 pacient máva komplikáciu, kedy sa ošetrenie predĺži na čas medzi 40 až 60 minút.

Majiteľ dentálneho strediska má k dispozícii 4 doktorov. Ako má plánovať pacientov, aby zabezpečil, že na vyšetrenia sa nebude čakať priemerne dlhšie ako 10min ? (to znamená, že priemerná čakacia doba za jeden deň v celom dentálnom stredisku nemá presiahnuť 10min). Doba čakania na vyšetrenie sa meria od momentu príchodu, nie od momentu, na kedy bol daný pacient objednaný.

**Čo sa očakáva:**

Navrhnite aspoň tri scenáre, ako by sa mohli objednávať pacienti. (Napr. jeden zo scenárov môže byť taký, že sa každú polhodinu objednajú 4 pacienti a teda dokopy 48pacientov denne).

**Pre každý scenár:**

Vykreslí sa graf závislosti počtu pacientov v rade.

Vypočíta sa vyťaženosť jednotlivých doktoriek alebo doktorov.

Vypočíta sa denná priemerná čakacia doba v čakárni.

Navrhnite optimálny scenár, kde je vyťaženosť doktorov vysoká a zároveň priemerná čakacia doba je najviac 10min.

# Úvod

## Popis cieľa projektu

Táto dokumentácia popisuje projekt, ktorého cieľom bolo vytvoriť simulačný model na optimalizáciu rozvrhovania pacientov v dentálnom stredisku. Projekt si kládol za cieľ riešiť problém dlhých čakacích dôb a zefektívniť rozdelenie pracovného zaťaženia medzi dostupných doktorov.

## Priblíženie problému čakacích dôb v dentálnom stredisku

V súčasnej praxi dentálneho strediska dochádza k častým výkyvom v čakacích dobách, čo môže mať negatívny dopad na spokojnosť pacientov a efektívnosť poskytovaných služieb. Pacienti sú priraďovaní k doktorom až po príchode do strediska, pričom urgentné prípady majú absolútnu prioritu, čo ďalej komplikuje plánovanie a rozvrhovanie. Okrem toho variabilita v trvaní ošetrenia kvôli nečakaným komplikáciám prispieva   
k neistote v plánovaní.

## Význam optimalizácie rozvrhovania pacientov.

Optimalizácia rozvrhovania pacientov je preto kritická nielen pre zvýšenie efektívnosti operácií, ale aj pre zlepšenie celkovej pacientskej skúsenosti. Cez analytické modelovanie a vytvorenie interaktívneho grafického rozhrania sa tento projekt snaží poskytnúť robustné riešenia pre dentálne stredisko, čo umožní lepšie riadenie zdrojov   
a minimalizáciu času stráveného pacientmi v čakárni.

# Metodológia

## Popis simulačného modelu

Simulačný model bol navrhnutý v programovacom jazyku MATLAB s použitím objektovo orientovaného prístupu. Tento model simuluje každodenné operácie dentálneho strediska a zahŕňa rôzne entity ako sú doktori, pacienti a udalosti, ktoré sa vyskytujú   
v klinike. Hlavnými komponentami sú:

* **Doctor**: Trieda, ktorá reprezentuje doktora. Táto trieda spravuje dostupnosť doktora, práve ošetrovaného pacienta a celkový čas strávený ošetrovaním.
* **Patient**: Trieda, ktorá reprezentuje pacienta. Táto trieda obsahuje vlastnosti ako ID pacienta, čas príchodu, čas začiatku ošetrenia, čas čakania na ošetrenie   
  a čas odchodu.
* **Event**: Trieda určená na zaznamenávanie udalostí ako príchody pacientov, začiatky ošetrení a koniec ošetrení.
* **Clinic**: Trieda reprezentujúca kliniku, ktorá koordinuje všetky udalosti   
  a spracovávanie pacientov.
* **StatisticsManager**: Trieda je zodpovedná za správu a analýzu všetkých štatistických údajov počas simulácie. Umožňuje zaznamenávať zmeny v dĺžke fronty, časy čakania pacientov, a celkové vyťaženie každého doktora.
* **SimulationManager**: Trieda slúžiaca ako kontrolný bod pre vykonávanie simulácií. Spravuje a koordinuje sériu experimentov podľa preddefinovaných simulačných parametrov. Táto trieda je zodpovedná za inicializáciu simulácií, spustenie experimentov a zhromažďovanie výsledkov.

Model zohľadňuje príchody pacientov s ich časmi, náhodné udalosti ako urgentné prípady a komplikácie pri liečbe, ktoré môžu predĺžiť ošetrenie. Príchody pacientov sú generované na základe rôznych scenárov a ošetrenie pacienta je simulované s náhodne generovanou dĺžkou v závislosti od toho, či má pacient komplikácie.

## Vysvetlenie použitých algoritmov

### Priradenie pacientov k daným doktorom

Algoritmy na priradenie pacientov doktorom sú implementované v rámci triedy *Clinic* a zahŕňajú rôzne stratégie, ako sú:

* **Random**: Pacienti sú priradení k náhodne vybranému dostupnému doktorovi pomocou rovnomerného rozdelenia.
* **Priority**: Doktori sú triedení podľa priority (nastavenej v konštruktore), a pacienti sú priradení k dostupnému doktorovi s najvyššou dostupnou prioritou.
* **Circular**: Pacienti sú priradení k dostupným doktorom v kruhovom poradí.
* **MinWorkload**: Pacienti sú priradení k dostupnému doktorovi, ktorý má v danom momente najmenej práce (najnižšie celkové pracovné zaťaženie).

Tieto metódy umožňujú flexibilné a efektívne rozdeľovanie pacientov medzi doktorov, čo je kritické pre znižovanie čakacích dôb a zvyšovanie efektívnosti klinickej praxe.

### Scenáre generovania príchodov pacientov

Na efektívne modelovanie príchodu pacientov do kliniky boli vyvinuté tri rôzne scenáre. Každý scenár poskytuje iný spôsob rozvrhovania príchodov, čím umožňuje analýzu rôznych aspektov operácií kliniky, ako sú čakacie doby a vyťaženosť doktorov. Variabilita príchodov je nastavená na ±10 minút pre všetky scenáre.

#### Scenár 1: Pravidelné rozvrhovanie

V tomto scenári sa pacienti objednávajú v pevných intervaloch počas celého dňa. Každý interval obsahuje rovnaký počet pacientov, ktorí prichádzajú okolo plánovaného času.

Toto rozvrhnutie by malo zaistiť približne rovnomerné zaťaženie pre všetkých doktorov, ak sú intervaly správne nastavené.

**Príklad**: Ak je interval nastavený na 30 minút a počet pacientov na interval je 4, každých 30 minút príde skupina štyroch pacientov.

#### Scenár 2: Striedavé rozvrhovanie

V tomto scenári sa pacienti taktiež objednávajú v pevných intervaloch počas celého dňa, avšak počet pacientov sa striedavého mení a alternuje medzi príchodom 4 pacientov a 3 pacientov.

Tento model sa snaží umožniť, aby jeden doktor zostával ako záloha na prípad urgentných prípadov alebo v prípade komplikácií u iných doktorov.

**Príklad**: Ak je interval nastavený na 30 minút, na začiatku prídu 4 pacienti a ďalších 30 minút prídu 3 pacienti.

#### Scenár 3: Rovnomerne rozmiestnené rozvrhovanie

V tomto scenári sú príchody pacientov rovnomerne rozmiestnené v rámci každého časového intervalu, čo znamená, že každý pacient prichádza v presne určenom čase, upravenom o náhodnú variabilitu.

**Príklad**: Ak počas 30 minútového intervalu objednáme 3 pacientov, prvý príde na začiatku intervalu, druhý po 10 minútach a tretí po 20 minútach. Tento scenár by mal tiež zabezpečiť flexibilitu pre urgentné prípady a zložité ošetrenia.

### Spracovanie udalostí v simulácii

V rámci simulačného modelu je spracovanie udalostí základnou funkciou, ktorá umožňuje dynamický pohyb pacientov cez rôzne etapy ich návštevy kliniky. Systém udalostí je riadený prostredníctvom metódy *eventHandler*, ktorá rozpoznáva a reaguje na rôzne typy udalostí ako príchod pacienta, začiatok ošetrenia a koniec ošetrenia.

#### Spracovanie príchodu pacienta

Pri príchode pacienta (*arrival*) je metóda *handleArrival* zodpovedná za prvotné spracovanie príchodov pacientov, vrátane ich priradenia k doktorom. Proces spracovania príchodu je nasledujúci:

* **Výber doktora:** Na základe zvolenej metódy priradenia (napríklad náhodné, podľa priority) sa vyberie dostupný doktor. Tento proces zahŕňa prehľadávanie dostupných doktorov a výber toho, ktorý najlepšie vyhovuje aktuálnej situácii, či už na základe minimálnej pracovnej záťaže alebo priority.
* **Priorizovanie urgentných pacientov:** Urgentní pacienti majú prednosť a sú automaticky priradení k prvotne dostupnému doktorovi. Ak nie je žiadny doktor okamžite dostupný, urgentní pacienti sú umiestnení do zvláštnej fronty, ktorá má prioritu pred regulárnymi pacientmi.
* **Registrácia príchodu a pridanie do fronty:** Pri príchode pacienta sa zaznamenajú všetky relevantné informácie (čas príchodu, či bude mať pacient komplikácie, alebo či ide o urgentný prípad). Následne je pacient pridaný do príslušnej fronty – urgentní pacienti do urgentnej fronty a ostatní pacienti do regulárnej fronty.
* **Priradenie k doktorovi:** Ak je dostupný doktor, pacient je k nemu ihneď priradený a začína sa ošetrenie. Ak nie sú žiadni doktori dostupní, pacient čaká vo fronte na priradenie.

#### Začiatok ošetrenia

Keď pacient začína byť ošetrovaný (*startTreatment*):

* **Ošetrenie pacienta:** Doktor začne ošetrovanie pacienta, čo je zaznamenané vrátane všetkých relevantných údajov, ako je čas začiatku ošetrenia a identita doktora.
* **Plánovanie ukončenia ošetrenia:** Na základe vypočítanej dĺžky ošetrenia je naplánovaná udalosť ukončenia ošetrenia.

#### Ukončenie ošetrenia

Po ukončení ošetrenia (*endTreatment*):

* **Uvoľnenie doktora:** Doktor, ktorý dokončil ošetrenie pacienta, sa stáva znova dostupným a je pripravený ošetrovať ďalšieho pacienta.
* **Vyberanie ďalšieho pacienta z fronty:** Ak sú v urgentnej alebo regulárnej fronte ďalší čakajúci pacienti, nasleduje ich priradenie k práve uvoľnenému doktorovi.

Tieto procesy sú riadené pomocou dynamického systému udalostí, ktorý zabezpečuje, že všetky udalosti sú správne sekvenčne usporiadané a spracované podľa ich časov. Triedenie udalostí podľa času zabezpečuje, že simulácia reaguje na udalosti v správnom poradí, čím zaručuje presnosť a efektivitu simulačného modelu.

### Inicializácia kliniky

Inicializácia kliniky je kritickým krokom, ktorý nastavuje základné parametre simulácie a pripravuje systém na jej spustenie. Tento proces je realizovaný prostredníctvom konštruktora triedy *Clinic*, ktorý vykonáva nasledujúce kľúčové úlohy:

* **Inicializácia Doktorov**: Na začiatku simulácie sa vytvára požadovaný počet objektov typu *Doctor*. Každému doktorovi je pridelené jedinečné ID.
* **Nastavenie Časových Parametrov**: Celkový čas simulácie (*totalSimulationTime*) je nastavený, aby určil, ako dlho bude simulácia bežať. Tento parameter je kľúčový pre správne načasovanie a ukončenie simulačného cyklu. Aby sme mali korektné štatistiky, po prekročení simulačného času musia doošetrovať všetci doktori a až potom sa simulácia skončí.
* **Zaradenie Urgentných Pacientov**: Simulácia zahŕňa plánovanie príchodu urgentných pacientov na náhodne generované časy. Počet urgentných pacientov a ich príchodové časy sú určené náhodne, čím sa simuluje nepredvídateľnosť reálnych núdzových situácií.
* **Inicializácia Štatistík a Informačného Systému**: Systém pre správu štatistík (*statsManager*) je inicializovaný na zaznamenávanie rôznych metrík počas simulácie, ako sú čakacie doby a využitie doktorov. Tabuľka *information* je vytvorená na uchovávanie detailných záznamov o každej udalosti počas simulácie.
* **Triedenie Udalostí:** Všetky plánované udalosti, vrátane príchodov urgentných pacientov, sú zoradené podľa času ich výskytu, čo zabezpečuje, že budú spracované v správnom poradí.

### Spustenie simulácie

Proces spustenia simulácie je riadený metódou *runSimulation*, ktorá koordinuje sekvenčné spracovanie všetkých udalostí v simulačnom prostredí:

* **Spracovanie Udalostí:** Simulácia postupne prechádza zoznamom udalostí, kde každá udalosť je vyhodnotená a spracovaná. Tento proces zahŕňa aktualizáciu aktuálneho času (*currentTime*) a vykonávanie príslušných akcií, ako sú priradenie pacientov doktorom a spracovanie ich ošetrenia.
* **Skoky Času:** Čas v simulácii postupuje s každou udalosťou, čo znamená, že časové skoky medzi udalosťami môžu byť rôzne, v závislosti od toho, kedy udalosť nastáva. Tento mechanizmus umožňuje efektívne spracovanie časovo rozdielnych udalostí bez zbytočného čakania.
* **Ukončenie Simulácie:** Po spracovaní všetkých udalostí alebo po dosiahnutí celkového času simulácie je simulácia ukončená. Následne sú vykonané záverečné aktualizácie štatistík pre každého doktora, čo zahŕňa vyhodnotenie ich celkovej pracovnej záťaže a využitia.

# Definície náhodných rozdelení

## Dĺžka ošetrenia

* **Implementované v triede**: *Doctor*
* **Funkcia MATLAB**: randi([min, max])
* **Popis**: Dĺžka ošetrenia je generovaná pomocou funkcie randi, ktorá náhodne vyberá celé číslo v špecifikovanom rozsahu. Pre štandardné ošetrenia je rozsah 20 až 30 minút, zatiaľ čo pre komplikované prípady je to 40 až 60 minút.

## Pravdepodobnosť komplikácií

* **Implementované v triede**: *Patient*
* **Funkcia MATLAB**: rand() < probability
* **Popis**: Pravdepodobnosť, že pacient má komplikácie, je modelovaná pomocou jednoduchej podmienky, kde rand() generuje náhodné číslo medzi 0 a 1, a porovnáva sa to s prahom 0.2 (20% šanca).

## Čas príchodu pacientov

* **Implementované v triede**: *Clinic*
* **Funkcia MATLAB**: randi([arrivalTime - offset, arrivalTime + offset])
* **Popis**: Náhodný čas príchodu pacienta je generovaný pomocou funkcie randi, ktorá umožňuje príchod pacientov v časovom okne ±10 minút od ich plánovaného príchodu, čo odráža skutočnú variabilitu v príchode pacientov.

## Počet urgentných prípadov

* **Implementované v triede**: *Clinic*
* **Funkcia MATLAB**: randi([min, max])
* **Popis**: Počet náhodne generovaných urgentných prípadov je určený pomocou funkcie randi, ktorá vyberá celé číslo medzi 6 a 10, reprezentujúce počet urgentných prípadov, ktoré môžu prísť každý deň.
* **Doplnenie**: Okrem určenia počtu urgentných prípadov sa generujú aj náhodné časy ich príchodu počas celkovej dĺžky simulácie. Tieto časy sú generované pomocou **randi([0, totalSimulationTime - 1])**, zabezpečujúc, že každý urgentný prípad má pridelený náhodný čas príchodu v rámci operatívneho časového rámca kliniky.

Tento prístup k použitiu náhodných rozdelení zaisťuje, že model realisticky simuluje neistoty a variabilitu vo fungovaní dentálneho strediska. Použitie štandardných funkcii MATLAB, ako sú *randi* a *rand*, poskytuje jasné a ľahko overiteľné mechanizmy pre generovanie náhodných premenných, čo umožňuje akademickým aj profesionálnym užívateľom ľahko reprodukovať a analyzovať chovanie simulácie.

# Paremetre simulácie

Parametre simulácie sú základné stavebné bloky každej simulačnej štúdie a majú zásadný vplyv na presnosť a relevanciu získaných výsledkov. V kontexte simulácie dentálneho strediska umožňujú tieto parametre modelovať rôzne scenáre prevádzky, pričom zohľadňujú faktory ako počet doktorov, časový rozvrh príchodov pacientov, a metódy priradenia pacientov k doktorom. Správne nastavenie týchto parametrov je kritické pre vyhodnotenie vyťaženosti doktorov, čakacích dôb pacientov a celkovej efektívnosti klinických operácií.

**Počet Experimentov (*numExperiments*)**

* **Popis**: Tento parameter určuje, koľkokrát sa celá simulácia spustí. Každý experiment môže generovať rôzne výsledky kvôli náhodným elementom v simulácii, ako sú napríklad príchody urgentných pacientov alebo komplikácie pri ošetrení.
* **Počet**: 200 pri všeobecnom testovaní a 5000 pri finálnom výbere najlepších scenárov.
* **Dôvod** **výberu**: Vysoký počet experimentov je zvolený za účelom minimalizácie vplyvu náhodnosti na výsledky a zabezpečenia robustnosti a spoľahlivosti zistení. Počiatočných 200 experimentov slúži na identifikáciu najefektívnejších scenárov, zatiaľ čo dodatočných 5000 overí ich konzistentnosť a efektivitu.

**Celkový Čas Simulácie (*totalSimulationTime*)**

* **Popis**: Definuje dĺžku každého experimentu v simulácii v minútach.
* **Dĺžka**: Dĺžka každého experimentu je nastavená na 360 minút, aby odrážala reálny pracovný čas kliniky.
* **Dôvod** **výberu**: Tento parameter umožňuje simulovať reálnu pracovnú dobu kliniky a zistiť, ako rôzne scenáre ovplyvnia operácie počas typického dňa alebo zmeny.

**Počet Doktorov (*numDoctors*)**

* **Popis**: Určuje počet doktorov dostupných v simulácii.
* **Počet**: Nastavený na 4 doktorov, aby zodpovedal požiadavkám zadania.
* **Flexibilita**: Možnosť prispôsobenia počtu doktorov je dôležitá pre prípad, kde by jeden doktor mohol vypadnúť alebo by sa mohli pridať noví doktori v budúcnosti.
* **Dôvod** **výberu**: Počet doktorov ovplyvňuje, ako rýchlo môže klinika reagovať na príchody pacientov a ako efektívne môže spracovať pacientov počas dňa.

**Stratégia Výberu Doktorov (*selectionStrategy*)**

* **Popis**: Metóda použitá na rozhodovanie, ktorému doktorovi je priradený ďalší pacient.(napr. náhodné, priority).
* **Vybraná stratégia**: Ako stratégiu sme vybrali najmenšia vyťaženosť doktora, teda doktor s najmenšou vyťaženosťou bude mať prioritu pri výbere pacienta.
* **Dôvod** **výberu**: Stratégia výberu ovplyvňuje, ako veľmi budú doktori vyťažení a je možnosť určovať či operovať budú doktori podľa priority, podľa vyťaženosti alebo všetci náhodne.

**Scenáre Rozvrhovania**

**(*scenarioNumber, patientsPerInterval, appointmentInterval, endBuffer*)**

* **Popis**: Tieto parametre definujú, ako sú pacienti priraďovaní k časovým intervalom počas dňa. ***scenarioNumber*** označuje typ rozvrhovacieho scenára, ***patientsPerInterval*** udáva počet pacientov na interval, ***appointmentInterval*** definuje dĺžku časového intervalu medzi príchodmi skupín pacientov, a ***endBuffer*** je časový úsek na konci dňa bez príchodov nových pacientov.
* **Dôvod** **výberu**: Tieto nastavenia umožňujú analyzovať, ako rôzne rozvrhovacie stratégie ovplyvňujú vyťaženosť doktorov a čakacie časy, a identifikovať najefektívnejšie metódy organizácie príchodov pacientov.

# Implementácia grafického rozhrania

## Popis užívateľského rozhrania

Užívateľské rozhranie aplikácie DentalCenter je navrhnuté tak, aby poskytovalo jednoduché a intuitívne prostredie pre simuláciu a analýzu rôznych scenárov v dentálnom stredisku. Rozhranie umožňuje užívateľom nastaviť kľúčové vstupné parametre, spustiť simuláciu, a vizualizovať výsledky prostredníctvom rôznych grafov a tabuliek.

Funkcie rozhrania zahŕňajú:

* **Nastavenie parametrov kliniky:** Umožňuje užívateľom vybrať počet doktorov, metódu výberu doktora a celkový čas simulácie.
* **Výber scenára rozvrhovania:** Užívatelia môžu vybrať z rôznych prednastavených scenárov, ktoré ovplyvňujú príchod pacientov.
* **Nastavenie počtu experimentov:** Umožňuje definovať, koľkokrát bude simulácia spustená, čo podporuje robustnosť výsledkov.
* **Spustenie simulácie:** Tlačidlo „*Run*“ aktivuje simuláciu podľa zadaných parametrov.

## Prezentácia výsledkov

Výsledky simulácie sú prezentované v rôznych formách, vrátane:

* **Grafy dĺžky front:** Zobrazujú počet pacientov vo fronte v závislosti od času, čo ilustruje efektívnosť rozvrhovacích scenárov.
* **Využitie doktorov:** Grafy ukazujúce percentuálnu využitosť každého doktora, identifikujúce možné preťaženia alebo nevyužitie zdrojov.
* **Priemerné čakacie časy:** Zhrnutie priemerných čakacích časov pacientov počas simulácie, poskytujúce hodnotenie kvality pacientskej starostlivosti.
* **Kumulatívny priemer a intervaly spoľahlivosti:** Analýza stability a spoľahlivosti výsledkov simulácie cez rôzne spustenia.

Táto sekcia poskytuje užívateľom aplikácie komplexný pohľad na to, ako sú ich nastavenia a rozhodnutia odzrkadlené vo výkonoch simulovanej kliniky, čím im umožňuje lepšie pochopenie a optimalizáciu prevádzkových procesov.

## Screenshoty hlavných častí rozhrania

Priložené obrázky ukazujú hlavné aspekty užívateľského rozhrania aplikácie DentalCenter, vrátane panelov pre vstupné parametre, vizualizácie výsledkov a historických údajov.

* **Úvodný vzhľad aplikácie:** V úvode vidíme nastavenia simulácie a možnosť jej spustenia.
* **Panel vstupných parametrov:** Tu užívatelia nastavujú konfigurácie pre spustenie simulácie.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Obrázok 1 Úvodná obrazovka

* **Vizualizácia údajov:** Rôzne grafy a tabuľky zobrazujúce výsledky ako priemerné čakacie časy, využitie doktorov, dynamiku dĺžky fronty alebo 95 % interval spoľahlivosti v čakaní pacientov .

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Obrázok 2 Obrazovka po spustení simulácie

A screen shot of a graph

Description automatically generated

Obrázok 3 Kumulatívny priemer a 95% IS času čakania pacientov

* **Historické údaje:** Na karte *Data* je tabuľka zobrazujúca všetky udalosti ktoré boli uskutočnené počas každého spustenia simulácie. Na karte *History* je história výsledok simulácie, pokiaľ používateľ daný výsledok uložil pomocou tlačidla „*Save To Table“.*

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Obrázok 4 História eventov v simulácii

# Výsledky simulácií

V rámci štúdie sme vykonali komplexné testovanie dentálneho strediska prostredníctvom 406 unikátnych simulácií, každá s 200 experimentmi, čo nám poskytlo hĺbkový pohľad na rôzne aspekty operácií kliniky. Simulácie boli zamerané na optimalizáciu pacientskej skúsenosti a efektívnosti doktorských postupov s cieľom nájsť najlepšie nastavenia pre minimalizáciu čakacích časov a zároveň zabezpečiť rozumné vyťaženie doktorov.

## Kľúčové parametre simulácií

Tabuľka 1 Variácia vstupných parametrov

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Total Simulation Time | Scenarios | Patients per Interval | Appointment Interval | End Buffers | Number of Experiments |
| 360 min | 1, 2, 3 | 3, 4, 5, 6 | 24 min to 40 min | 0 min to 60 min | 200 |

## Metodológia a výber najlepších výsledkov

Z celkového počtu 406 simulácií sme identifikovali 40 simulácií s najlepšími výsledkami z hľadiska počtu obslúžených pacientov a priemerného času čakania, ktorý nebol dlhší ako 10 minút. Čakacia doba bola analyzovaná s využitím 95 percentného intervalu spoľahlivosti, čo nám umožnilo porovnávať výsledky s istotou, že priemerné čakacie časy sú pod desaťminútovým prahom.

## Výsledky a overenie

Z vybraných 40 najlepších scenárov, prvých 20 malo zaťaženie doktorov pod 100 percent a ďalších 20 malo zaťaženie pod 80 percent, čím sme reflektovali presvedčenie, že maximálne zaťaženie nemusí byť vždy ideálne z hľadiska kvality starostlivosti a doktorského vyhorenia. Tieto vybrané scenáre boli následne znovu testované s 5000 opakovaniami každého experimentu, aby sme minimalizovali vplyv náhody a získali čo najpresnejšie a najkonzistentnejšie výsledky.

### Zaťaženie doktorov pod 100%

Môžeme si všimnúť, že pri vybavení pacientov, sme najlepší výsledok dosiahli (APT) 47.02 pacientov za jeden deň. Avšak *endBuffer* sa pohybuje vždy okolo nuly a to znamená, že pokiaľ príde pacient minútu pred ukončením, doktori ho budú musieť obslúžiť.

Tabuľka 2 Výsledky simulácií pri zaťažení doktorov pod 100%

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| APT – Average Patients Treated  S – Scenario  PpI – Patients per Interval  EB – End Buffer  AI – Appointment Interval  AWT – Average Waiting Time  D1U, D2U, D3U, D4U – Doctors Utilization  LCI, UCI – Lower and Upper 95% Confidence Interval | | | | | | | | | | | |
| APT | S | PpI | EB | AI | AWT | D1U | D2U | D3U | D4U | LCI | UCI |
| 47.02 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 28.00 | 9.05 | 98.72 | 99.28 | 98.54 | 95.88 | 8.21 | 9.88 |
| 46.91 | 2.00 | 3.00 | 0.00 | 34.00 | 7.73 | 98.07 | 98.30 | 96.93 | 97.11 | 7.11 | 8.36 |
| 46.54 | 1.00 | 3.00 | 15.00 | 28.00 | 8.42 | 97.38 | 97.42 | 96.50 | 94.36 | 7.72 | 9.13 |
| 46.34 | 3.00 | 4.00 | 0.00 | 38.00 | 8.03 | 97.46 | 96.57 | 95.89 | 94.30 | 7.22 | 8.84 |
| 46.29 | 1.00 | 4.00 | 15.00 | 38.00 | 8.91 | 96.69 | 97.08 | 96.75 | 96.15 | 8.09 | 9.73 |
| 45.86 | 2.00 | 3.00 | 15.00 | 34.00 | 7.68 | 95.55 | 95.81 | 95.25 | 94.97 | 7.06 | 8.31 |
| 45.78 | 1.00 | 4.00 | 0.00 | 40.00 | 7.24 | 95.81 | 95.49 | 95.23 | 95.43 | 6.60 | 7.88 |
| 45.55 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 30.00 | 6.60 | 95.92 | 94.91 | 95.00 | 93.00 | 5.88 | 7.33 |
| 45.37 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | 28.00 | 8.71 | 95.68 | 95.24 | 94.10 | 93.06 | 7.93 | 9.50 |
| 45.02 | 2.00 | 3.00 | 0.00 | 36.00 | 6.16 | 94.92 | 94.70 | 94.18 | 93.75 | 5.60 | 6.73 |
| 44.94 | 3.00 | 4.00 | 15.00 | 38.00 | 8.01 | 94.91 | 93.98 | 93.32 | 92.08 | 7.29 | 8.73 |
| 44.66 | 3.00 | 3.00 | 0.00 | 30.00 | 6.28 | 93.90 | 93.48 | 93.23 | 91.76 | 5.70 | 6.85 |
| 44.59 | 3.00 | 4.00 | 0.00 | 40.00 | 6.14 | 94.24 | 93.64 | 92.75 | 91.51 | 5.52 | 6.77 |
| 44.02 | 1.00 | 4.00 | 15.00 | 40.00 | 7.09 | 92.42 | 92.19 | 91.33 | 90.81 | 6.50 | 7.68 |
| 43.98 | 1.00 | 3.00 | 15.00 | 30.00 | 6.62 | 91.93 | 92.10 | 92.13 | 90.31 | 5.90 | 7.35 |
| 43.88 | 1.00 | 4.00 | 30.00 | 38.00 | 8.71 | 92.57 | 91.62 | 91.84 | 91.53 | 7.93 | 9.48 |
| 43.78 | 1.00 | 4.00 | 30.00 | 40.00 | 7.34 | 91.68 | 91.86 | 91.79 | 90.96 | 6.73 | 7.95 |
| 43.62 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 32.00 | 4.83 | 91.92 | 91.47 | 91.27 | 90.42 | 4.27 | 5.39 |
| 43.56 | 3.00 | 3.00 | 30.00 | 28.00 | 8.61 | 91.89 | 90.41 | 90.12 | 89.22 | 7.75 | 9.46 |
| 43.06 | 2.00 | 3.00 | 30.00 | 34.00 | 7.25 | 90.13 | 90.15 | 89.77 | 89.14 | 6.62 | 7.88 |

#### 5000 experimentov

Na základe daných výsledkov, sme sa rozhodli vybrať 9 variant, ktoré spustíme v simulácii s 5000 experimentami, čím znížime vplyv náhody na výsledky. Rozhodli sme sa, že vyberieme pre každý scenár najlepšie výsledky, kde bol *endBuffer* parameter 0, 15 a 30, takže pre *endBuffer* 0 sme vybrali najlepší výsledok pre scenár 1, 2 a 3 a to isté aj pre parameter 15 a 30.

Tabuľka 3 Najlepšie varianty simulácií pri zaťažení doktorov pod 100%

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| APT – Average Patients Treated  S – Scenario  PpI – Patients per Interval  EB – End Buffer  AI – Appointment Interval  AWT – Average Waiting Time  D1U, D2U, D3U, D4U – Doctors Utilization  LCI, UCI – Lower and Upper 95% Confidence Interval | | | | | | | | | | | |
| APT | S | PpI | EB | AI | AWT | D1U | D2U | D3U | D4U | LCI | UCI |
| 47.02 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 28.00 | 9.18 | 98.97 | 98.65 | 98.02 | 95.93 | 9.01 | 9.35 |
| 47.00 | 2.00 | 3.00 | 0.00 | 34.00 | 7.98 | 98.26 | 98.19 | 98.02 | 97.39 | 7.84 | 8.12 |
| 46.29 | 3.00 | 4.00 | 0.00 | 38.00 | 8.02 | 97.60 | 96.83 | 95.96 | 94.82 | 7.86 | 8.17 |
| 46.71 | 1.00 | 3.00 | 15.00 | 28.00 | 9.12 | 98.37 | 98.05 | 97.57 | 95.36 | 8.96 | 9.29 |
| 45.86 | 2.00 | 3.00 | 15.00 | 34.00 | 7.68 | 95.71 | 95.60 | 95.29 | 94.85 | 7.54 | 7.82 |
| 45.37 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | 28.00 | 8.72 | 95.82 | 95.02 | 93.96 | 92.83 | 8.55 | 8.88 |
| 44.01 | 1.00 | 4.00 | 30.00 | 38.00 | 9.05 | 92.16 | 91.92 | 91.69 | 91.22 | 8.90 | 9.21 |
| 43.62 | 3.00 | 3.00 | 30.00 | 28.00 | 8.53 | 92.25 | 91.40 | 90.44 | 89.39 | 8.37 | 8.70 |
| 42.99 | 2.00 | 3.00 | 30.00 | 34.00 | 7.55 | 89.91 | 89.81 | 89.47 | 89.18 | 7.41 | 7.69 |

Vidíme, že výsledky sa veľmi mierne zmenili, avšak stále máme najlepší výsledok priemerne 47.02 ošetrených pacientov.

### Zaťaženie doktorov pod 80%

Pri vyťažení doktorov pod 80% sme najlepší výsledok dosiahli s číslom 38.12 ošetrených pacientov za deň, čo je o takmer o 10 pacientov menej, avšak vyťaženosť doktorov sa je pod 80 % a taktiež sa začína prejavovať parameter *endBuffer* ktorý nám zabezpečí väčšiu pravdepodobnosť, že doktori nebudú pracovať po pracovnom čase.

Tabuľka 4 Výsledky simulácií pri zaťažení doktorov pod 80%

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| APT – Average Patients Treated  S – Scenario  PpI – Patients per Interval  EB – End Buffer  AI – Appointment Interval  AWT – Average Waiting Time  D1U, D2U, D3U, D4U – Doctors Utilization  LCI, UCI – Lower and Upper 95% Confidence Interval | | | | | | | | | | | |
| APT | S | PpI | EB | AI | AWT | D1U | D2U | D3U | D4U | LCI | UCI |
| 38.12 | 1.00 | 3.00 | 60.00 | 32.00 | 4.07 | 79.53 | 79.76 | 79.46 | 78.14 | 3.69 | 4.46 |
| 38.08 | 1.00 | 3.00 | 30.00 | 34.00 | 3.18 | 79.06 | 79.12 | 79.28 | 78.10 | 2.88 | 3.48 |
| 38.04 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 38.00 | 2.20 | 79.75 | 79.58 | 79.31 | 79.31 | 2.00 | 2.40 |
| 37.91 | 1.00 | 3.00 | 45.00 | 34.00 | 3.43 | 79.62 | 79.26 | 79.42 | 78.06 | 3.09 | 3.76 |
| 37.83 | 1.00 | 3.00 | 15.00 | 36.00 | 2.56 | 79.31 | 79.50 | 78.70 | 78.14 | 2.31 | 2.81 |
| 37.66 | 3.00 | 3.00 | 30.00 | 34.00 | 3.15 | 79.67 | 78.93 | 78.18 | 77.90 | 2.75 | 3.56 |
| 37.57 | 3.00 | 3.00 | 45.00 | 32.00 | 3.66 | 78.47 | 77.84 | 77.79 | 78.00 | 3.19 | 4.13 |
| 37.31 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | 36.00 | 2.24 | 78.56 | 78.32 | 78.79 | 77.63 | 2.01 | 2.48 |
| 37.27 | 1.00 | 3.00 | 30.00 | 36.00 | 2.47 | 77.36 | 77.80 | 77.79 | 76.80 | 2.18 | 2.75 |
| 36.90 | 3.00 | 3.00 | 0.00 | 38.00 | 1.83 | 77.32 | 77.02 | 77.17 | 77.01 | 1.59 | 2.06 |
| 36.77 | 1.00 | 3.00 | 15.00 | 38.00 | 2.05 | 76.40 | 76.76 | 76.95 | 75.92 | 1.82 | 2.27 |
| 36.60 | 3.00 | 3.00 | 60.00 | 32.00 | 3.78 | 76.16 | 75.53 | 75.65 | 75.00 | 3.32 | 4.25 |
| 36.45 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 40.00 | 1.86 | 75.73 | 76.21 | 76.29 | 75.01 | 1.66 | 2.06 |
| 36.31 | 3.00 | 3.00 | 45.00 | 34.00 | 2.93 | 76.02 | 75.60 | 75.33 | 75.04 | 2.62 | 3.23 |
| 36.17 | 2.00 | 3.00 | 60.00 | 40.00 | 3.62 | 76.29 | 74.79 | 75.16 | 74.32 | 3.30 | 3.93 |
| 36.15 | 2.00 | 3.00 | 45.00 | 40.00 | 3.79 | 75.97 | 75.06 | 75.63 | 75.51 | 3.44 | 4.14 |
| 36.14 | 2.00 | 3.00 | 60.00 | 38.00 | 4.26 | 75.41 | 75.52 | 74.99 | 75.12 | 3.77 | 4.74 |
| 35.88 | 3.00 | 3.00 | 30.00 | 36.00 | 2.42 | 75.60 | 75.02 | 74.99 | 74.80 | 2.15 | 2.70 |
| 35.59 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | 38.00 | 2.01 | 74.66 | 74.08 | 73.83 | 73.59 | 1.78 | 2.24 |
| 35.46 | 3.00 | 3.00 | 0.00 | 40.00 | 1.51 | 73.83 | 73.89 | 74.11 | 72.92 | 1.30 | 1.72 |

#### 5000 experimentov

Pri zaťažení doktorov pod 80% sme tiež vyberali podľa parametra *endBuffer* a vybrali sme každý scenár, ak sa nachádzal v top 20 výsledkoch.

Tabuľka 5 Najlepšie varianty simulácií pri zaťažení doktorov pod 80%

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| APT – Average Patients Treated  S – Scenario  PpI – Patients per Interval  EB – End Buffer  AI – Appointment Interval  AWT – Average Waiting Time  D1U, D2U, D3U, D4U – Doctors Utilization  LCI, UCI – Lower and Upper 95% Confidence Interval | | | | | | | | | | | |
| APT | S | PpI | EB | AI | AWT | D1U | D2U | D3U | D4U | LCI | UCI |
| 38.00 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 38.00 | 2.19 | 79.38 | 79.36 | 79.12 | 78.26 | 2.14 | 2.23 |
| 36.87 | 3.00 | 3.00 | 0.00 | 38.00 | 1.87 | 77.16 | 76.95 | 76.72 | 76.58 | 1.83 | 1.91 |
| 37.98 | 1.00 | 3.00 | 15.00 | 36.00 | 2.66 | 79.54 | 79.49 | 79.19 | 78.24 | 2.60 | 2.71 |
| 37.26 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | 36.00 | 2.36 | 77.92 | 77.70 | 77.55 | 77.25 | 2.31 | 2.42 |
| 38.00 | 1.00 | 3.00 | 30.00 | 34.00 | 3.26 | 79.59 | 79.50 | 79.34 | 78.40 | 3.19 | 3.33 |
| 37.55 | 3.00 | 3.00 | 30.00 | 34.00 | 3.09 | 78.76 | 78.49 | 78.03 | 77.80 | 3.02 | 3.16 |
| 37.71 | 1.00 | 3.00 | 45.00 | 34.00 | 3.23 | 78.94 | 78.82 | 78.84 | 77.61 | 3.17 | 3.30 |
| 37.75 | 3.00 | 3.00 | 45.00 | 32.00 | 3.89 | 79.18 | 78.84 | 78.30 | 77.83 | 3.80 | 3.98 |
| 36.00 | 2.00 | 3.00 | 45.00 | 40.00 | 3.62 | 75.24 | 75.05 | 74.88 | 74.77 | 3.55 | 3.69 |
| 37.98 | 1.00 | 3.00 | 60.00 | 32.00 | 4.12 | 79.65 | 79.38 | 79.26 | 78.24 | 4.04 | 4.21 |
| 36.58 | 3.00 | 3.00 | 60.00 | 32.00 | 3.83 | 76.74 | 76.41 | 76.03 | 75.55 | 3.75 | 3.92 |
| 35.99 | 2.00 | 3.00 | 60.00 | 40.00 | 3.64 | 75.13 | 75.08 | 75.07 | 74.69 | 3.57 | 3.71 |

Znova vidíme, že sa nám výsledky trošku zmenili, ale najlepší výsledok sme dostali s priemerným ošetrením 38 pacientov počas dňa.

# Optimálne scenáre

## Vysvetlenie

V rámci našej analýzy sme identifikovali optimálny scenár, ktorý kombinuje vysokú efektivitu s prijateľnou čakacou dobou, pričom zabezpečuje, že zaťaženie doktorov zostáva pod 80 percent. Tento prístup znižuje riziko vyhorenia doktorov a zvyšuje kvalitu poskytovanej starostlivosti.

## Najlepší výsledok so zaťažením doktorov pod 80 percent

Najlepší výsledok s zaťažením doktorov pod 80% ukazuje, že je možné udržať vysokú úroveň starostlivosti pri nižšej pracovnej záťaži pre doktorov. Tento scenár zabezpečuje, že doktori majú dostatok času na každého pacienta, čo vedie k vyššej kvalite a presnosti v liečbe.

* **Priemerný počet ošetrených pacientov**: 38.00
* **Scenár**: 1
* **Pacienti na Interval**: 3
* **Doba bez prijímania nových pacientov**: 0 minút
* **Interval objednávania**: 38 minút
* **Priemerný čas čakania**: 2.19 minút
* **Čas čakania, 95 % horný interval spoľahlivosti** : 2. 23 minút
* **Zaťaženie doktorov:** 78.26% - 79.38%

A graph with blue lines

Description automatically generated

Obrázok 5 Počet pacientov v rade (prvý beh) (vyťaženosť pod 80%)

A green rectangular bar graph

Description automatically generated

Obrázok 6 Celková vyťaženosť doktorov (vyťaženosť pod 80%))

A graph of a number of numbers

Description automatically generated

Obrázok 7 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (vyťaženosť pod 80%)

Tento scenár zabezpečuje, že aj pri vysokom objeme pacientov môže byť starostlivosť poskytovaná efektívne a bez zbytočného stresu pre doktorský tím. Táto rovnováha je kľúčová pre dlhodobú udržateľnosť kliniky a spokojnosť pacientov.

## Najlepší výsledok s obmedzeným objednávaním pri konci dňa

Pri optimalizácii operácií v dentálnom stredisku je kľúčové zohľadniť rozvrhovanie objednávaní, najmä pri konci pracovnej zmeny. Jedným z dôležitých aspektov efektívneho manažmentu času je zabezpečiť, aby doktori nezačali ošetrovať nového pacienta pár minút pred koncom svojej zmeny. Tento prístup pomáha predchádzať situáciám, kde by doktori museli pracovať nad rámec svojich plánovaných hodín.

Preto sme vybrali najlepší výsledok, pri ktorom je doba objednávania na konci obmedzená na 30 minút.

* **Priemerný počet ošetrených pacientov**: 44.01
* **Scenár**: 1
* **Pacienti na Interval**: 4
* **Doba bez prijímania nových pacientov**: 30 minút
* **Interval objednávania**: 38 minút
* **Priemerný čas čakania**: 9.05 minút
* **Čas čakania, 95 % horný interval spoľahlivosti** : 9. 21 minút
* **Zaťaženie doktorov:** 91.22% - 92.16%

A graph with blue lines

Description automatically generated

Obrázok 8 Počet pacientov v rade (prvý beh) (s obmedzeným objednávaním)

A graph of a number of red rectangular bars

Description automatically generated with medium confidence

A graph of a number of numbers

Description automatically generated

Obrázok 9 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (s obmedzeným objednávaním)

## Prezentácia troch najlepších scenárov

Vybrali sme najlepší výsledok pre každý scenár, ktoré ukazujú rôznorodosť objednávanie pacientov.

### Scenár 1

* **Priemerný počet ošetrených pacientov**: 47.02
* **Scenár**: 1
* **Pacienti na Interval**: 3
* **Doba bez prijímania nových pacientov**: 0 minút
* **Interval objednávania**: 28 minút
* **Priemerný čas čakania**: 9.18 minút
* **Čas čakania, 95 % horný interval spoľahlivosti** : 9. 35 minút
* **Zaťaženie doktorov:** 95.93% - 98.97%

A graph with blue lines

Description automatically generated

Obrázok 10 Počet pacientov v rade (prvý beh) (scenár 1)

A graph of a number of red rectangular bars

Description automatically generated with medium confidence

Obrázok 11 Celková vyťaženosť doktorov (scenár 1)

A graph of a number of numbers

Description automatically generated

Obrázok 12 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (scenár 1)

### Scenár 2

* **Priemerný počet ošetrených pacientov**: 47.00
* **Scenár**: 2
* **Doba bez prijímania nových pacientov**: 0 minút
* **Interval objednávania**: 34 minút
* **Priemerný čas čakania**: 7.98 minút
* **Čas čakania, 95 % horný interval spoľahlivosti** : 8. 12 minút
* **Zaťaženie doktorov:** 97.39% - 98.26%

A graph with blue lines

Description automatically generated

Obrázok 13 Počet pacientov v rade (prvý beh) (scenár 2)

A graph of a number of red rectangular bars

Description automatically generated with medium confidence

Obrázok 14 Celková vyťaženosť doktorov (scenár 2)

A graph of a number

Description automatically generated

Obrázok 15 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (scenár 2)

### Scenár 3

* **Priemerný počet ošetrených pacientov**: 46.29
* **Scenár**: 3
* **Pacienti na Interval**: 4
* **Doba bez prijímania nových pacientov**: 0 minút
* **Interval objednávania**: 38 minút
* **Priemerný čas čakania**: 8.02 minút
* **Čas čakania, 95 % horný interval spoľahlivosti** : 8. 17 minút
* **Zaťaženie doktorov:** 94.82% - 97.60%

A graph with blue lines

Description automatically generated

Obrázok 16 Počet pacientov v rade (prvý beh) (scenár 3)

A graph of a number of red rectangular bars

Description automatically generated with medium confidence

Obrázok 17 Celková vyťaženosť doktorov (scenár 3)

A graph with numbers and lines

Description automatically generated

Obrázok 18 Kumulatívny priemer a IS času čakania pacientov (scenár 3)

# Diskúsia a závery

## Kľúčové zistenia

Naša analýza ukázala, že efektívne manažovanie pracovného času a zdrojov môže významne prispieť k zlepšeniu kvality poskytovanej starostlivosti a zároveň znižovať riziko vyhorenia medzi doktormi. Optimálny scenár, ktorý kombinuje vysokú efektivitu s prijateľnou čakacou dobou a zároveň udržuje zaťaženie doktorov pod 80%, ukazuje, že je možné dosiahnuť vysokú úroveň starostlivosti pri nižšej pracovnej záťaži. Tento prístup nie len že znižuje stres medzi doktormi, ale tiež zvyšuje celkovú spokojnosť pacientov s poskytovanými službami.

## Význam nastavenia cieľov

Výsledky naznačujú, že ciele dentálneho strediska by mali byť jasne definované na začiatku každého plánovacieho obdobia. Či už je prioritou maximálne vyťaženie doktorov alebo kvalita starostlivosti s ohľadom na pracovnú záťaž, každý z týchto cieľov vyžaduje odlišné nastavenie parametrov simulácie. Je kľúčové, aby sa očakávania zadávateľa a realistické možnosti strediska vzájomne zosúladili.

## Záver

Najlepšie výsledky sme identifikovali v dvoch hlavných scenároch: Pri zaťažení doktorov pod 80 percent sme dosiahli najlepší výsledok, kde bolo [ošetrených 38 pacientov počas jedného dňa](#_Najlepší_výsledok_so). V prípade, keď zaťaženie doktorov neprekročilo 100 percent, bol najlepší výsledok [47.02 ošetrených pacientov za deň.](#_Scenár_1)

Implementácia obmedzení na objednávanie pacientov pri konci pracovnej zmeny sa ukázala ako výrazná pre počet ošetrených pacientov a že doktori nezačnú ošetrovať nového pacienta tesne pred koncom svojej zmeny. Tento prístup pomáha predchádzať situáciám, kde by doktori museli pracovať nad rámec svojich plánovaných hodín, čo prispieva k znižovaniu pracovného stresu a zvyšuje celkovú efektívnosť operácií v stredisku.

## Odporúčanie

Na základe našej analýzy odporúčame implementovať systém, ktorý prioritne zohľadňuje zaťaženie doktorov s maximálnou hranicou do 80%. Tento model by mal byť doplnený o jasné pravidlá pre objednávanie pacientov, aby sa predišlo prideleniu prípadov tesne pred koncom pracovnej zmeny. Zároveň by mala byť zavedená pravidelná revízia a prispôsobenie pracovných procesov v reakcii na získané skúsenosti a spätnú väzbu od zamestnancov a pacientov.

Tento prístup umožní stredisku udržať vysokú kvalitu služieb pri súčasnom zabezpečení pracovnej spokojnosti a well-being doktorov, čo je základ pre dlhodobú udržateľnosť a úspech v oblasti zdravotnej starostlivosti.