## Specifikacija projekta iz SBNZ

## Sistem za praćenje stanja pacijenta na respiratoru

## 

## Članovi tima

- Miloš Čuturić SV11-2020

- Marko Janošević SV46-2020

## Motivacija

Motivacija za ovaj projekat proizilazi iz potrebe za unapređenjem praćenja pacijenata na respiratorima u operacionim salama. Anesteziolozi često moraju da prilagođavaju parametre respiratora kako bi održali optimalno stanje pacijenta. Međutim, ova prilagođavanja mogu biti podložna ljudskim greškama ili neadekvatnoj brzini reagovanja. Automatizacija ovog procesa može značajno smanjiti rizik od grešaka i poboljšati brzinu odgovora.

## Pregled problema

Specifičan problem koji se rešava je implementacija sistema za praćenje stanja pacijenta na respiratoru koji može automatski vršiti određene akcije kako bi održao optimalne parametre. Postojeći sistemi često zahtevaju veliku intervenciju od strane anesteziologa i ne pružaju dovoljnu brzinu reakcije ili automatsku optimizaciju parametara.

Danas i dalje ne postoje efikasni sistemi koji mogu automatski prilagođavati parametre respiratora u realnom vremenu. Postojeća rešenja često su ograničena u smislu složenosti algoritama ili nedostatka integracije sa relevantnim bazama znanja iz anesteziologije.

## Metodologija rada

Ulazi u sistem (input)

* Monitoring vitalnih parametara pacijenta (npr. nivo parcijalnog pritisak kiseonika)
* Parametri respiratora (npr. FiO2, mod rada)

Izlazi iz sistema (output)

* Preporuke za promene parametara respiratora (npr. povećanje FiO2)
* Upozorenja u slučaju vanrednih situacija koje zahtevaju promenu moda respiratora

## Baza znanja

* Informacije o anatomiji, fiziologiji, terapijama i ostalim medicinskim aspektima relevantnim za praćenje stanja pacijenta na respiratoru.
* Set pravila koja definišu kako sistem treba reagovati na određene situacije.
* Informacije o tome kako različite činjenice i pravila međusobno utiču jedna na drugu
* Podaci o kliničkim iskustvima, istraživanjima i studijama koji su relevantni za prilagođavanje parametara respiratora u realnom vremenu.

## Pravila

Stanje pacijenta u sistemu je definisano sa sledećim parametrima:

* Težina
* pO2 (parcijalni pritisak kiseonika u krvi)
* pCO2 (parcijalni pritisak ugljen dioksida u krvi)
* Tidal volumen
* Frekvenca disanja
* Minutni volumen (frekvenca x tidal volumen)
* Transpulmunalni pritisak
* Otpor disajnih puteva
* Protok gasova
* Kompliansa
* FiO2 (procenat kiseonika)

Respirator ima za cilj očuvanje minutnog volumena i normalnih vrednosti pO2 i pCO2. Noramlne vrednosti za pO2 su veće od 10.5 kPa, a vrednosti za pCO2 su manje od 5 kPa. Noramlan minutni volumen se izračunava preko tidal volumena, koji zavisi od težine. Normalan tidal volumen iznosi 6 ml po kilogramu telesne težine (npr. za čoveka od 100 kg, tidal volumen biće 600 ml). Normalna frekvenca disanja je oko 18 u minuti.

## Forward chaining

Forward chaining koristi se za donošenje odluke o tome da li je pacijenta potrebno staviti na respirator. Da bi se pacijent definitivno priključio na respirator, potrebno je da su sledeći kriterijumi ispunjeni:

1. frekvenca disanja preko 35
2. tidal volumen manji od 5ml/kg
3. pCO2 veci od 7 kPa
4. pO2 - manji od 8kPa

Forward chaining, takođe, koristi se i za izračunavanje normalnih parametara koje bi pacijent imao u normalnom stanju. Izračunavanje vrši se za sledeće parametre:

* tidal volumen: računa se kao proizvod težine i konstante 6. Konstanta je opšte priznata u medicini i dobijena je različitim istraživanjima
* minutni volumen: proizvod frekvence i izračunatog tidal volumena
* pritisak: računa se kao tidal volumen podeljen sa kompliansom
* protok gasova: računa se kao pritisak podeljen otporom disajnih puteva

## Backward chaining

Modovi respiratora dele se na 2 glavne grupe: Spontano disanje i Mašinski kontrolisano disanje. Modovi za spontano disanje su: CPAP i APRV. Modovi za mašinski kontrolisano disanje su SIMV i KMV/AC. Svaki od modova takođe može da radi pod drugačijim parametrima.

CPAP može da radi tako da održava procenat kiseonika (FiO2) na 25%, a ukoliko se stanje pacijenta pogoršava, procenat kiseonika se može povećati na 50% ili 75%. Kada stanje pacijenta nastavlja da se pogoršava u ovom modu pod ovim parametrima, neophodno je promeniti mod na stroži, ali i dalje ostati u istoj grupi modova, dakle, bira se APRV, kako bi pokušali da popravimo stanje pacijenta, ali da minimizujemo potencijalne posledice do kojih dolazi na "najstrožim" modovima. APRV takođe može da radi na FiO2 od 25%, 50% i 75%.

Međutim, ako se stanje pacijenta ne poboljšava, sada je neophodno potpuno promeniti grupu modova, odnosno preći na mašinski kontrolisano disanje, i u toj kategoriji izabrati najmanje strog mod, dakle SIMV. SIMV takođe ima mogućnost podešavanja parametara u odnosu na koje se bira mod na koji će se dalje preći što je KMV/AC.

U slučaju kada se stanje pacijenta poboljšava, prelazi se na manje stroži mod, ali se FiO2 postavlja na 75%, kako se stanje pacijenta ne bi naglo promenilo na gore.

Anesteziolog ima mogućnost da izabere mod respiratora, a sistem zatim u odnosu na stanje pacijenta može ili da prihvati odmah odluku anesteziologa, ili da da preporuku za mod koji mu bolje odgovara.

## Jednostavna pravila

Promena moda zahteva podešavanje FiO2 parametra. Postoje dve mogućnosti koje su pokrivene odvojenim pravilima:

1. Mod se menja iz manje strožeg u stroži. U ovom slulčaju FiO2 je potrebno podesiti na 25%
2. Mod se menja iz strožeg u manje stroži. U ovom slučaju FiO2 se podešava na 75%

Prilikom prelaska iz grupe modova za spontano disanje u modove za asistirano disanje, neophodno je izvršiti intubaciju. Modovi u kojima se donosi odluka o intubaciji ili buđenju pacijenta su APRV i SIMV. Pravila za intubaciju su sledeća:

1. Kada se pacijent nalazi na APRV modu i registruje se promena stanja na gore, vrši se intubacija
2. Kada se pacijent nalazi na APRV modu i intubiran je, a stanje mu se poboljašava, pacijent se budi
3. Ista logika primenjena je i na SIMV mod

## CEP - Monitoring pacijenta

Nagli pad pO2 i porast pCO2 u krvi pacijenta predstavljaju događaj koji zahteva ponovno proračunavanje parametara pod kojima respirator radi. Bitan događaj u svakom trenutku je i udah pacijenta, odnosno volumen vazduha koji je u trenutku udahnut.

Respirator će na različite načine reagovari na ove dogadjaje u zavisnosti od moda u kome se trenutno nalazi:

* **CPAP:** prilikom pada pO2 ili nemogućnost da se postigne zadati minutni volumen (suma volumena svih dogadjaja udaha u poslednjoj minuti) , moguće je povećati FiO2, kako bi se pokušalo održavanje stabilnog stanja pacijenta. FiO2 na ovom modu moguće je podešavati od 25% do 75%. Kada stanje pacijenta nastavlja da se pogoršava, a vrednost FiO2 je dostigla 75%, alarmira se potreba za promenom moda.
* **APRV:** radi slično kao i CPAP, u rasponu od FiO2 od 25-75%, nakon čega se opet alarmira.
* **SIMV:** kada dodje do gorenavedenih događaja u ovom modu, pre svega se menja kontrolna varijabla. Kontrolna varijabla može biti pritisak i tidal volumen (volumen jednog udaha). Promena kontrolne varijable zahteva preračunavanje varijable koja je prethodo bila kontrolna, frekvence disanja (kako bi se zadovoljio minutni volumen) i protoka gasova. Ako se stanje pacijenta i dalje pogoršava, moguće je podešavati FiO2 od 25-75%, a nakon toga se alarmira kao u prethodnim slučajevima.
* **KMV/AC:** odgovor na dogadjaje je identičan kao i kod SIMV-a

## Queries

Kako bi se anesteziologu skrenula pažnja na pacijente sa najkritičnijim promena u sistemu, kreirana su dva Drools query-a:

1. Query koji pronalazi pacijenta sa najvećom promenom pO2
2. Query koji pronalazi pacijenta sa najvećon promenom pCO2

## Templates

Drools template-i primenjeni su na 2 mesta u sistemu. Koriste se za generisanje pravila tokom run-time-a:

1. Backward: kada je potrebno pronaći odgovarajući mod respiratora za datog pacijenta, kreiraju se pravila pomoću atributa ChangeRecord klase, koji služe kao parametri backwardchaining query-a
2. CEP: kada se dogodi ChangeEvent za nekog pacijenta, kreiraju se nova pravila tokom runtime-a pomoću atributa klase Thresholds, koja se koriste da bi se donela odluka o tome da li je potrebno povećati FiO2 ili ne