

Model kompetitivne Hopfieldove nevronske mreže za vrednotenje natančnosti vsaditve pedikularnega vijaka

Diana Popescu^{1,*} – Cătălin Gheorghe Amza¹ – Dan Lăptoiu² – Gheorghe Amza¹

¹ Politehnična univerza v Bukarešti, Romunija

² Colentina klinični center, Romunija

V članku je predstavljena uporaba algoritma za segmentacijo rentgenskih posnetkov na osnovi modela kompetitivne Hopfieldove nevronske mreže (CHNN) pri vrednotenju natančnosti vstavitve pedikularnih vijakov v lumbalno hrbtenico.

Natančnost vstavitve pedikularnih vijakov se v praksi izvaja vizualno v dveh ravninah (sagitalni in transverzalni) s pomočjo posnetkov pooperativne računalniške tomografije ali radiografije. V literaturi pa kljub uporabi naprednih medicinskih tehnik slikanja poročajo o napakah pri vsaditvi vijakov v višini do 13 %, zaradi česar je pomemben razvoj sistema za usposabljanje kirurgov. Razvoj sistema za usposabljanje, ki je opisan v tem članku, je novost na tem področju, predlagani pristop pa je zasnovan na uporabi spremenjenega algoritma CHNN za segmentacijo rentgenskih posnetkov, ki avtomatizira vrednotenje natančnosti vsaditve pedikularnega vijaka.

Raziskava je bila osredotočena na nabor 34 različnih posnetkov več modelov lumbalnih vretenec z ločljivostjo slike 760×520 slikovnih točk. Algoritem za segmentacijo mora biti za aplikacijo, ki je opisana v tem članku, obvladljiv z vidika računskih operacij in neodvisen od velikosti posnetka. Analiziranih je bilo več klasičnih algoritmov za segmentacijo in tehnik zaznavanja robov (Sobel, Canny, Prewitt, Robert, Laplace, določitev pragov Otsu, Watershed, SIOX, Shanbhag, Huang, gradientna itd.) z namenom ugotavljanja, ali so primerni za segmentacijo rentgenskih posnetkov modelov vretenec. Analiza je pokazala, da enostavni in večkratni algoritmi določitve pragov ne zadostujejo za pravilno segmentacijo rentgenskih posnetkov vretenec. Kot neprimerni za aplikacijo so se izkazali tudi algoritmi segmentacije posnetkov na osnovi umetne inteligence (*fuzzy C-means*, mehko gručenje, Hopfield-Koss itd.), to pa je privedlo do razvoja in programske implementacije algoritma CHNN za segmentacijo posnetkov.

Algoritem poišče vretenca in vijak kot posamezne objekte ter opravi izračune, s katerimi ugotovi odstopanje osi vijaka od osi pedikla kot idealne trajektorije. Vrednost odstopanja med osjo vijaka in osjo pedikla se izračuna po tem, ko se na posnetku, segmentiranem s CHNN, izvede več geometrijskih izračunov: vretenca se poiščejo kot posamezni objekti z algoritmom za povratno sledenje, nato se izračuna njihovo težišče in iz njega se izrišeta dve osi.

Enaki izračuni se opravijo tudi na samih vijakih.

Predlagani sistem predstavlja implementacijo splošnega sistema za zaznavanje vzorcev ter vključuje naslednje enote/sisteme: 1. sistem za zajem dvopasovnega energetskega posnetka vretenec, 2. sistem za predobdelavo posnetkov, ki rentgenske posnetke izboljša za vmesno obdelavo (povečanje kontrasta, odstranitev ozadja, odstranitev šuma itd.), 3. sistem za segmentacijo posnetkov, ki rentgenski posnetek razdeli v smiselne razrede za nadaljnje višjenivojske preglede z modulom HNN. Sistem omogoča avtomatsko izločitev pedikularnega vijaka kot posebnega objekta na rentgenski sliki, in 4. visokonivojski sistem zaznavanja, ki izračunava odstopanje pedikularnega vijaka od idealnega položaja.

Kriteriji vrednotenja so odvisni od razlike med položajem osi vretenca in osi vijaka, ki je primerjana s teoretično sprejemljivimi vrednostmi (razredi) na osnovi varnostnih meja iz literature. Ti razredi so: I. penetracija pod 2 mm (sprejemljivo), II. penetracija od 2 do 4 mm (zahteva nastavitvev položaja vijaka), III. penetracija nad 4 mm (nesprejemljivo).

Ključne besede: medicinski posnetki, pedikularni vijak, Hopfieldova nevronska mreža, lumbalna vretenca