

EKSTRAKSI FITUR CARPAL-BONE UNTUK MEMPREDIKSI USIA TULANG MANUSIA

M. Ikhwanus¹, Munirul Ula²

¹Dosen Teknik Elektro Universitas Malikussaleh

²Dosen Teknik Elektro Universitas Malikussaleh

Abstract

Skeletal age assessment is one of the important applications of hand radiography in the area of pediatric radiology. Features analysis of the carpal bones can reveal the important information for skeletal age assessment. The present work in this paper faces the problem of the detection of carpal-bone features from its radio-image. A novel and effective segmentation technique is presented in this work with carpal bone image for skeletal age estimation. Carpal bone segmentation is a critical operation of the automatic skeletal age assessment system. This method consists of three procedures. First, the original carpal bone image is preprocessed via anisotropic diffusion. Then, the carpal bone image is segmented by GVF-Snake model. Third, experiments are carried out on images of carpal bone. The results are very promising. In particular the method is able to extract overlapping carpal bones.

Keywords: *Carpal-bone radiograph, skeletal age (estimation), Active Contour Model, GVF-Snake.*

Pendahuluan

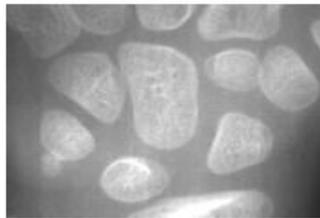
Penaksiran umur dari struktur tulang (skeletal) telah secara luas digunakan di dalam pediatric radiology. Ada dua metode yang sering dan cenderung digunakan untuk penaksiran umur dari struktur tulang (skeletal) tersebut dari suatu radiograph pergelangan tangan

(wrist) : pertama, metode GreulichPyle, dan kedua metode Tanner-Whitehouse. Dokter harus mengamati appearance dan pertumbuhan fitur tulang secara mendetail agar diperoleh suatu nilai secara empiris terhadap masing-masing tulang yang diamati, dan selanjutnya nilai-nilai tersebut ditotalkan untuk mendapatkan suatu *net maturity rating*, yang merepresentasikan usia dari tulang tersebut atau dengan kata lain tingkat kedewasaan dari tulang yang dimaksud. Bagaimanapun hasil penyimpulan ini juga tidak terlepas dari keahlian dan pengalaman dari si pengamat atau dapat kita katakan seorang dokter yang berkompeten akan hal tersebut. Berdasarkan kenyataan tersebut, maka di dalam kajian bab ini, kita akan membahas suatu sistem penaksiran usia dari fitur tulang yang diamati secara otomatis, yang berguna untuk membantu seorang dokter di dalam pengambilan suatu kesimpulan yang objektif dan akurat. Penaksiran usia tulang dengan berbasiskan pengolahan citra dapat dibagi menjadi dua fase. Fase pertama adalah pengekstraksian fitur carpal-bone di dalam citra dan phalangeal. Fase kedua adalah penaksiran usia struktur tulang berdasarkan fitur-fitur yang telah diekstraksikan.

Fitur carpal-bone sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 1 merupakan fitur yang sangat potensial dan penting untuk penaksiran tingkat kedewasaan tulang di dalam pediatric radiology. Rekognisi dan separasi atau pemisahan carpal-bone seseorang dari suatu citra carpal-bone merupakan suatu tugas yang sangat sulit, karena kita akan berhadapan dengan daerah-daerah atau region-region carpal-bone yang saling tumpang tindih (*overlapping*), sedangkan kebutuhan kita yang paling utama adalah menerapkan suatu pendekatan yang paling efisien untuk mensegmentasi carpal-bone tersebut.



(a)



(b)

Gambar 1. Citra carpal-bone pada pergelangan tangan

Secara aktual banyak pendekatan-pendekatan atau teknik-teknik yang telah tersedia untuk pensegmentasian tersebut, seperti *region growing*, dan *edge detection*. Tetapi pendekatan-pendekatan klasik tersebut tidak memberi kepuasan kepada kita untuk memberikan suatu informasi yang telaten. Kekompleksitasan struktur skeletal pada tangan manusia dan keragaman di antara subjek-subjek tertentu yang saling berbeda membuat kita sulit untuk merealisasikan suatu pendekatan segmentasi terhadap tulang secara otomatis. Untuk itu

Kass telah mengajukan suatu teknik pensegmentasian yang dikaitkan dengan suatu konsep pemodelan kontour aktif, yang juga sering diistilahkan dengan snakes. Snakes dapat direpresentasikan sebagai beberapa spline “*minimasi energi*” yang dipertegas oleh penguat pembatas eksternal dan penguat yang terdapat pada citra seperti garis, edge, kontour-kontour yang subjektif dan region-region yang memiliki persamaan sifat fisik. Lebih jauh, dapat kita katakan bahwa penguat spline internal sangat menentukan tingkat kehalusan batasan-batasan kurva pada suatu kontour yang dimunculkan sebagai sebuah model. Pada penyelesaian akhir dari permasalahan di atas, kita akan menggunakan pendekatan Gradient Vector Flow (GVF) yang diperkenalkan oleh Xu dan Prince untuk membantu kekonvergenan batasan-batasan kekonkavan dan memungkinkan kefleksibelan penginialisasian snake pada citra carpal-bone.

Proses awal citra carpal - bone

Citra carpal - bone dapat diperoleh dari sinar - X, citra yang dihasilkan secara umum tidak begitu kontras, dan fitur - fitur yang terdapat padanya sering tidak jelas dikarenakan adanya blurring, dan noise. Untuk mendapatkan suatu informasi yang layak dan akurat akan fitur-fitur tersebut, maka kita terlebih dahulu melakukan proses awal pada citra dengan memindahkan efek-efek noise dan blurring, dan untuk alasan ini, kita memerlukan suatu filter difusi anisotropis. Filter difusi anisotropis sangat tepat kita aplikasikan untuk memperhalus region-region yang memiliki noise, dan citra yang telah difilterisasi akan dimodelkan sebagai suatu persamaan difusi anisotropis,

$$\frac{\partial I(p,t)}{\partial t} = \text{div}(G(p,t) \cdot \nabla I(p,t))$$

di mana $I(p,t)$ merupakan intensitas citra pada posisi p dan waktu t . ∇I merupakan gradien spatial, ∂ dan I merupakan derivatif temporal dan $G(p,t)$ merupakan parameter konduktasi. Di mana,

$$G(p, t) = \exp \left[- \left(\frac{\|\nabla I(p)\|}{k} \right) \right]$$

parameter k menentukan tingkah-laku lokal dari filter.

Segmentasi citra carpal - bone

Tujuan kita di sini adalah untuk mengidentifikasi posisi dari masing-masing carpal-bone. Dikarenakan beberapa hal yang telah disebut di awal maka pendekatan yang dibahas dan diajukan di sini adalah menggunakan suatu pendekatan segmentasi berbasis pemodelan GVF untuk menentukan batas-batas wilayah dari masing-masing carpal-bone.

Snakes

Snakes di dalam domain spasial yang kontinu direpresentasikan sebagai kurva kontour parametris 2D, $v(s) = x(s), y(s)$, di mana $s \in [0,1]$. Di dalam tatanan menyesuaikan pemodelan snake terhadap citra, maka, kita asosiasikan term energi dengan snake untuk mendeformasi snake dengan meminimasi total energinya. Energi snake, E , sangat tergantung terhadap bentuk kontour dan data citra $I(x, y)$ yang direfleksikan melalui energi eksternal dan energi internal, $\alpha(v)$ dan $\beta(v)$, secara respektif. Total energi snake dapat dinyatakan sebagai,

$$E = \int_s \frac{1}{2} (\alpha |v'(s)|^2 + \beta |v''(s)|^2) + E_{ext}(v(s)) ds$$

di mana $v'(s)$ dan $v''(s)$ berturut - turut merupakan turunan tingkat satu dan turunan tingkat dua dari $v(s)$. Bobot α dan β mengontrol tensi dan kefleksibelitasan kontour secara respektif.

Untuk meminimasi persamaan

$$E = \int_s \frac{1}{2} (\alpha |v'(s)|^2 + \beta |v''(s)|^2) + E_{ext}(v(s)) ds$$

maka kita dapat memanfaatkan persamaan Euler dengan mengkondisikan v sebagai berikut :

$$\alpha v''(s) - \beta v^4(s) - \nabla E_{ext}(v(s)) = 0$$

GVF

Meskipun model snake sangat konsisten dan sederhana, tetapi bukan berarti tidak memiliki celah (kekurangan), ada beberapa permasalahan performance berkaitan dengan penerapan model snake tersebut. Untuk contoh, posisi awal dari snake harus sedekat mungkin dengan kontour yang diharapkan di dalam citra, sehingga snake tidak dapat tumbuh berkembang secara fleksibel. Permasalahan ini akan selalu kita hadapi, jika terdapat sudut-sudut yang curam dan kekonkavan pada citra grey-level yang memuat objek carpal-bone yang akan diekstraksikan. Untuk menyelesaikan permasalahan di atas, maka kita gunakan suatu metode GVF, yang diajukan oleh Xu dan Prince. Model ini akan menghasilkan suatu bidang dengan suatu pembatas yang kuat di sekitar tepi-tepi region di dalam citra, dan juga memperluas pemetaan gradiennya lebih jauh ke dalam region yang lebih homogen bila dikombinasikan dengan pengolahan komputasional difusi. Selanjutnya GVF didefinisikan sebagai vektor bidang $v(x, y) = (u(x, y), v(x, y))$ yang bertugas meminimalkan suatu fungsi energi berikut :

$$E = \iint \mu(u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2) + |\nabla f|^2 |v - \nabla f|^2 dx dy$$

di mana $f(x, y) = |\nabla(G_\sigma(x, y) * I(x, y))|$ merupakan pemetaan edge yang dihasilkan menggunakan operator edge-detection dan dikonvolusikan menggunakan kernel Gauss.

GVF dapat delesaikan juga dengan memanfaatkan persamaan Euler berikut :

$$\mu \nabla^2 u - (u - f_x)(f_x^2 + f_y^2) = 0$$

dan

$$\mu \nabla^2 v - (v - f_x)(f_x^2 + f_y^2) = 0$$

di mana ∇^2 merupakan operator Laplace, dan f_x^2, f_y^2 merupakan turunan tepi di dalam citra. Selanjutnya kita memanfaatkan persamaan difusi yang telah digeneralisasi untuk menyelesaikan persamaan $\mu \nabla^2 u - (u - f_x)(f_x^2 + f_y^2) = 0$ dan $\mu \nabla^2 v - (v - f_x)(f_x^2 + f_y^2) = 0$. Adapun persamaan difusi tersebut adalah,

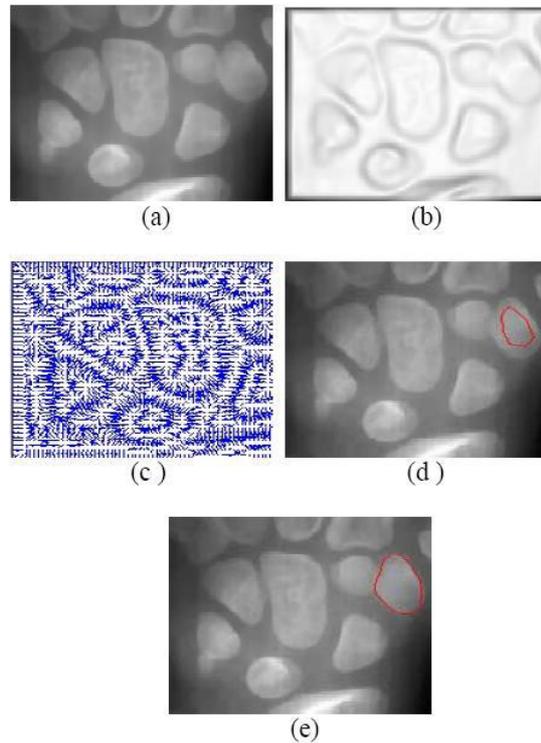
$$u_t(x, y, t) = \mu \nabla^2 u(x, y, t) - (u(x, y, t) - f_x(x, y)) \cdot (f_x(x, y)^2 + f_y(x, y)^2)$$

dan

$$v_t(x, y, t) = \mu \nabla^2 v(x, y, t) - (v(x, y, t) - f_y(x, y)) \cdot (f_x(x, y)^2 + f_y(x, y)^2)$$

Hasil

Eksperimen dilakukan menggunakan berbagai parameter berikut : $\sigma = 2$, $\alpha = 2$ dan $\beta = 3$. Unjuk kerja sistem yang dilengkapi dengan algoritma utama GVF-Snake menunjukkan hasil sebagaimana dilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2. Ekstraksi fitur trapesium (a) kontour aktif awal, (b) kontour akhir, (c) citra GVF, (d) snake awal, dan (e) hasil akhir.

Kesimpulan

Dalam penelitian ini, pendekatan deformable diajukan. Skema sistem yang diajukan secara tepat mampu mengekstraksi berbagai bentuk carpal-bone dalam citra. Filter difusi Anisotropis yang dipasang pada sistem juga secara efektif mampu mengurangi berbagai noise yang terdapat dalam citra.

Referensi

- [1]. W.W .Greulich, W.W .Pyle, Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd edn. Stanford University Press, Palo Alto, CA, 1959.
- [2]. J.M.Tanner, R.H .Whitehouse., W.A .Marshall., Healy. M.J.R, Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). 2nd edn. Academic Press, London, 1983.
- [3]. E .Pietka,L.Kaabi, M.L.Kuo, and H. K Huang, "Feature extraction in carpal-bone analysis,"IEEE Trans. Med. Imag., vol. 12, 1993, pp. 44-49.
- [4]. C. C .Ko, C.W.Mao, C.J.Lin., and Y.N.Sun, "Image analysis for skeletal evaluation of carpal bones," in Proc. SPIE, vol. 2501/2, 1995, pp. 951-961.
- [5]. P.Perona, and J.Malik, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion".IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 12,1990, pp.629-639.