

Algoritmy CAD systému pro CT vyšetření plic na plicní uzly

Martin Dolejší, Jan Kybic, Michal Polovinčák, Stanislav Tůma

1 Úvod

Naším cílem je vyvinout automatický systém detekující plicní uzly v CT vyšetřeních plic. Důvodem pro vývoj takového systému je malá úspěšnost člověka při čtení obrazu z CT. Studie provedená se simulovanými plicními uzly ukázala, že člověk má při CT vyšetření plic na plicní uzly s průměrem 1–7 mm citlivost 63 %. Pokud vybereme jen uzly s průměrem menším než 1,5 mm, citlivost se sníží na 1 % [1]. Také retrospektivní studie provedené na CT snímcích pacientů s nádory plic, často ukazují uzly, nedetekované v prvotních vyšetřeních [2]. Automatické systémy detekující plicní uzly jsou snahou předejít těmto přehlédnutím. Detekované oblasti (výstup systému) mohou být použity jako místa, kam má vyšetřující lékař zaměřit svou pozornost, nebo jako “druhý názor” (second opinion) pro vyšetřujícího.

Náš systém je dvoustupňový. Nejdříve pomocí metod matematické morfologie a prostorové filtrace obrazů najde podezřelé objekty, a potom na základě tvaru a absorpce záření vyřadí kandidáty které svými vlastnostmi neodpovídají plicním uzlům. O tom, který z podezřelých objektů je uzel, rozhodujeme na základě statistik získaných z dat. Pro vývoj a testování systému používáme 157 CT vyšetření z FN Motol a 38 vyšetření z veřejné přístupné databáze LIDC [7].

2 Hledání podezřelých objektů

Pro úspěšné nalezení plicních uzlů je nejprve nutné určit, které body obrazu odpovídají plicím. Naším cílem je získat masku, která bude obsahovat pro každý bod plic jedničku a pro body mimo plíce nulu.

Nejprve vybereme všechny body s intenzitou menší než -350HU, poté odstraníme objekty spojené s okrajem obrázku a nakonec vyplníme díry v masce odpovídající například cévám a uzlům.

2.1 Juxtapleurální plicní uzly

Juxtapleurální plicní uzly jsou patologické objekty vybíhající z pleury do plicního parenchymu. Obvykle jsou červovitého tvaru. Juxtapleurální plicní uzly hledáme jako rozdíl dvou masek plic. První maska vznikne při segmentaci, druhou masku vyrobíme z první pomocí morfologického uzavření kruhovým strukturálním elementem o průměru 10 mm [3]. Protože jsou juxtapleurální uzly menší než ostatní detekované objekty (většinou cévy) odstraníme nakonec všechny objekty větší než 30mm^2 .

2.2 Parenchymální plicní uzly

Parenchymální plicní uzly jsou patologické objekty přibližně kulovitěho tvaru lokalizované v plicním parenchymu. Pro jejich vyhledávání využíváme filtrační algoritmus, který jsme nazvali detektor stabilních středů.

Vstupní obraz postupně rozmazáváme gausovskými filtry se směrodatnými odchylkami $\sigma = 2 \dots 0,9 \text{ mm}$. Ve filtrovaných obrazech pak najdeme lokální maxima. Pokud k maximu z filtrace o $\sigma=2 \text{ mm}$ existují i stejně umístěná maxima ve všech ostatních filtracích, prohlásíme tento bod za střed potenciálního uzlu.

3 Klasifikace potenciálních plicních uzlů

Potenciální plicní uzly klasifikujeme do dvou tříd (uzel—jiná struktura) na základě 38 vlastností (např.: střední intenzita kandidáta, objem, povrch, maximální intenzita, velikosti poloos opsaného elipsoidu, atd.) podrobný popis všech charakteristik najdete v [4].

Pro rozhodování používáme algoritmus známý jako Asymetrický AdaBoost [5]. Tento algoritmus rozhoduje na základě lineární kombinace dílčích (jednoduchých) pravidel. Při učení asymetrického AdaBoostu (vytváření rozhodovacího pravidla) algoritmus minimalizuje rozhodovací chybu na trénovacích datech. Asymetrie algoritmu spočívá v tom, že penále ze přehlédnutí uzlu je větší, než za označení anatomické struktury uzlem. Tím je možné udržet vysokou citlivost systému, i když za cenu falešně pozitivních výsledků (FPs).

4 Výsledky

Náš systém pracuje s citlivostí 94 % a 7.5 FPs na jeden řez CT vyšetření. Typická citlivost dnešních CAD (computer aided diagnosis) systémů je 80–90 % při 1,5–3 FPs na řez [6].

Je vidět, že přes dobrou citlivost je třeba algoritmus dále vylepšovat tak, abychom snížili počet FPs. Je také nutné opatrně přistupovat k publikovaným výsledkům, protože neexistuje rozsáhlá veřejně přístupná databáze plicních vyšetření. Z toho důvodu každé pracoviště vyvíjející obdobný CAD systém používá vlastní data (obvykle ve spolupráci s místní klinikou zobrazovacích metod). Tím mohou být zveřejněné výsledky zkresleny (přesněji těžko porovnatelné).

5 Výhled do budoucna

Přesnější popis potenciálních uzlů—přesnost s jakou měříme vlastnosti námi detekovaných kandidátů výrazně ovlivňuje úspěšnost následné klasifikace. Zde je pravděpodobně největší prostor pro vylepšení systému.

Nové charakteristiky uzlů—pokud se nám povede najít nové charakteristiky, které by dokázali rozlišit uzly od ostatních plicních struktur, zlepšila by se specifita systému.

Nový detektor potenciálních uzlů—postup, který v současnosti používáme, tedy samostatný detektor juxtaapleuralních a parenchymálních uzlů, není ideální. Podařilo se nám zkonstruovat detektor schopný zachytit oba druhy uzlů, mohl by se počet FPs snížit až o polovinu.

Reference

- [1] D. P. Naidich et al., “Variables affecting pulmonary nodule detection with computed tomography: Evaluation with three-dimensional computer simulation,” *Journal of Thorac Imaging*, vol. 8, no. 4, 1993.
- [2] J. W. Gurney, “Missed lung cancer at CT. Imaging findings in nine patients,” *Radiology*, vol. 199, 1996.
- [3] M. Šonka, V. Hlaváč, and R. D. Boyle, *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, 3rd ed. Toronto, Canada: Thomson, April 2007.
- [4] M. Dolejší, J. Kybic, M. Polovinčák, and S. Tůma, “Reducing false positive responses in lung nodule detector system by Asymmetric AdaBoost,” in *Proceedings of 2008 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro*. IEEE, May 2008, pp. 656–659.
- [5] P. Viola and M. Jones, “Fast and robust classification using Asymmetric AdaBoost and a detector cascade,” in *Advances in Neural Information Processing Systems 14*, Cambridge, MA: MIT Press, 2002.
- [6] Q. Li, “Computer-aided diagnosis for detection of lung nodules on thin-section CT,” in *Proceedings of SPIE*, vol. 6789, no. 1. SPIE, 2007, pp. 678903–1–6.
- [7] S. G. Armato III et al., “Lung image database consortium: Developing a resource for the medical imaging research community,” *Radiology*, vol. 232, no. 3, pp. 739–748, 2004.
- [8] D. M. Xu et al., “Nodule management protocol of the NELSON randomised lung cancer screening trial,” *Lung Cancer*, vol. 54, no. 2, pp. 177–184, 2006.
- [9] K. Okada, D. Comaniciu, and A. Krishan, “Robust anisotropic Gaussian fitting for volumetric characterization of pulmonary nodules in multislice CT,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 24, no. 3, pp. 409–423, March 2005.
- [10] T. Kubota and K. Okada, “Estimating diameters of pulmonary nodules with competition-diffusion and robust ellipsoid fit,” in *Proceedings of Computer Vision for Biomedical Image Applications, First International Workshop*, Berlin, Germany: Springer-Verlag, October 2005, pp. 324–334.
- [11] W. J. Kostis, A. P. Reeves, Y. D. F., and C. I. Henschke, “Three-dimensional segmentation and growth-rate estimation of small pulmonary nodules in helical CT images,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 22, no. 10, pp. 1259–1274, October 2003.
- [12] X. Zhang, G. McLennan, E. A. Hoffman, and M. Šonka, “Automated detection of small-size pulmonary nodules based on helical CT images,” in *Proceedings of 19th International Conference, Information Processing in Medical Imaging*, Berlin, Germany: Springer-Verlag, July 2005, pp. 664–676.