**УДК 004.932:616-073.756.8**

**Алхімова С.М.**

# СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТРИВИМІРНИХ АНАТОМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ НОВООУТВОРЕНЬ

*Національний Технічний Університет України «КПІ»*

*This work introduces the fundamentals of statistical analysis for neoplasm 3D anatomical models which are built from CT-images.*

*Ця робота розкриває питання статистичного аналізу тривимірних анатомічних моделей новоутворень, які побудовані на основі зображень комп'ютерної томографії (КТ).*

*Ключові слова: статистичний аналіз, КТ-зображення, тривимірна модель пухлини.*

Досягнення в медичній та обчислювальній техніці істотно змінили можливості діагностичних методик, що використовуються в сучасній онкології. При розташувані пухлини в таких анатомічних областях, як голова або шия, дуже часто діагностика пов'язана з використанням такої методики візуалізації, як рентгенівська комп'ютерна томографія (КТ). В результаті цього дослідження отримують сірошкальні растрові зображення, що є числовими матрицями даних, на яких відтворено форму, фізико-хімічні й біологічні властивості біооб'єкта [1].

Та для більш детального дослідження різноманітних властивостей пухлини, аніж тільки встановлення діагнозу, оригінального КТ-зображення буває не достатньо. Більше можливостей надає використання **тривимірної анатомічної (вокселної) моделі пухлини**, що може бути побудована на основі зображень плоскопаралельних КТ-зрізів та являє собою цифрову тривимірну матрицю, в якій одиничним елементом є воксел. Основною ознакою (властивістю) кожного такого елементу є його яскравість, що характеризує щільність біооб'єкта в даній ділянці КТ-зрізу [1-3].

Оскільки КТ-зображення, як будь-яке інше сірошкальне растрове зображення, може бути подане як реалізація двовимірного випадкового процесу, що описується спільними розподілами імовірностей, то значення яскравості вокселів тривимірних моделей пухлин можуть бути використані для **статистичного аналізу** новоутворень [4].

Розподіл частот, що характеризує розподіл значень яскравості першого порядку для моделі пухлини з діапазоном значень яскравості від $0$ до $M$, визначається формулою:

$$P(\nu_k) = n_k / N,$$

де $v_k$ – це $k$-й рівень яскравості з інтервалу $[0, M]$, $n_k$ – кількість вокселів моделі пухлини, рівень яскравості яких дорівнює $v_k$, $N$ – загальне число вокселів моделі пухлини.

Статистичними характеристиками, що описують форму гістограм розподілу частот першого порядку, є [4, 5]:

- математичне сподівання: $\alpha_1(\nu) = \sum_{k=1}^{N} \nu_k \cdot P(\nu_k)$;

- дисперсія: $\mu_2(\nu) = \sum_{k=1}^{N} (\nu_k - \alpha_1(\nu))^2 \cdot P(\nu_k)$;

- середньоквадратичне відхилення: $\sigma(\nu) = \sqrt{\mu_2(\nu)}$;

- коефіцієнт асиметрії: $\gamma_1(\nu) = \frac{1}{\sigma^3(\nu)} \sum_{k=1}^{N} (\nu_k - \alpha_1(\nu))^3 \cdot P(\nu_k)$;

- коефіцієнт ексцесу: $\gamma_2(\nu) = \frac{1}{\sigma^4(\nu)} \sum_{k=1}^{N} (\nu_k - \alpha_1(\nu))^4 \cdot P(\nu_k) - 3$;

- енергія: $U(\nu) = \sum_{k=1}^{N} \left(P(\nu_k)\right)^2$;

- ентропія: $H(\nu) = \sum_{k=1}^{N} P(\nu_k) \cdot \log_2\left(P(\nu_k)\right)$.

Статистичні характеристики, що описують форму гістограм розподілу частот другого порядку, ґрунтуються на визначенні спільного розподілу імовірностей для пар вокселів тривимірної моделі пухлини. Розподіл частот, що характеризує спільний розподіл значень яскравості для пар вокселів

тривимірної моделі пухлини з діапазоном значень яскравості від ***0*** до ***M*** (розподіл другого порядку), визначається формулою:

$$P(\nu_k, \upsilon_l) = n_{k,l} / N,$$

де $v_k$ – це ***k***-й рівень яскравості з інтервалу ***[0, M]***, $v_l$ – це ***l***-й рівень яскравості з інтервалу ***[0, M]***, $n_{k,l}$ – кількість випадків, коли з пари вокселів моделі пухлини рівень яскравості одного воксела дорівнює $v_k$, а другого – $v_l$, ***N*** – загальне число вокселів моделі пухлини.

Статистичними характеристиками, що описують форму гістограм розподілу частот першого порядку, є [4, 5]:

- автокореляція: $R(\nu,\upsilon) = \sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} \nu_k \cdot \upsilon_l \cdot P(\nu_k, \upsilon_l)$;

- коваріація: $\mathrm{cov}(\nu,\upsilon) = \sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} (\nu_k - \alpha_1(\nu)) \cdot (\upsilon_l - \alpha_1(\upsilon)) \cdot P(\nu_k, \upsilon_l)$;

- момент інерції: $J(\nu,\upsilon) = \sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} (\nu_k - \upsilon_l)^2 \cdot P(\nu_k, \upsilon_l)$;

- середня абсолютна різниця: $AD(\nu,\upsilon) = \sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} |\nu_k - \upsilon_l| \cdot P(\nu_k, \upsilon_l)$;

- зворотня різниця: $ID(\nu,\upsilon) = \sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} P(\nu_k, \upsilon_l) / (1 + (\nu_k - \upsilon_l)^2)$;

- енергія: $U(\nu,\upsilon) = \sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} (P(\nu_k, \upsilon_l))^2$;

- ентропія: $H(\nu,\upsilon) = \sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} P(\nu_k, \upsilon_l) \cdot \log_2(P(\nu_k, \upsilon_l))$.

Використання статистичного аналізу тривимірних анатомічних моделей новоутворень дає можливість отримувати додаткові відомості щодо диференціації пухлин відносно структурної характеристики тканин новоутворення та проводити системні дослідження, враховуючи вікові, топологічні та агресивні властивості пухлин [6-8].

Література:

1. Алхімова, С. М. **Сегментація КТ-зображень при створенні 3D-моделей новоутворень** / С.М. Алхімова, В.П. Яценко // III конференція з міжнародною

участю «Актуальні проблеми біомедичної інженерії, інформатики, кібернетики і телемедицини» : Тез. доп. – Київ, 2010. – С. 8-11.

2. Алхімова, С. М. **Тривимірна анатомічна модель ювенільної ангіофіброми в оцінюванні її кровонаповнення** / С.М. Алхімова, В.П. Яценко, С.П. Чубко, Г.Е. Тімен // Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні напрямки теоретичних та прикладних досліждень ‘2010». Том 2. Технічні науки. : Тез. доп. – Одеса, 2010. – С. 53-57.

3. Алхімова, С. М. **Створення тривимірних анатомічних моделей пухлин як перший етап дослідження кровонаповнення ювенільних ангіофібром** / С.М. Алхімова, В.П. Яценко // Український журнал телемедицини та медичної телематики. Том 8. – 2010. – №1. – С. 26-29.

4. Бузовский, О. В. **Компьютерная обработка изображений** / О.В. Бузовский, А.А. Болдак, М.Х. Мохаммед Руми. – К. : Корнійчук, 2001. – 180 с.

5. Ту, Дж. **Принципы распознавания образов** / Дж. Ту, Р. Гонсалес ; перевод с англ. И.Б. Гуревича ; под редакцией Ю.И. Журавлева. – Москва : Мир, 1978. – 411 с.

6. Колотилов, Н. Н. **Рентгеновская компьютерная томография: способ дифференциальной диагностики опухолей полости носа, околоносовых пазух и носовой части глотки** / Н.Н. Колотилов // Журнал вушних, носових і горлових хвороб. – 2005. – № 2. – С.24-29.

7. Kim J.Y. CT **Histogram Analysis: Differentiation of Angiomyolipoma without Visible Fat from Renal Cell Carcinoma at CT Imaging Radiology** / Ji Yeon Kim, Jeong Kon Kim, Namkug Kim, Kyoung-Sik Cho // Radiology. – 2008. – Vol.246. – No.2. – P.472-479.

8. Remer, E. M. **CT Histogram Analysis in Pathologically Proven Adrenal Masses** / Erick M. Remer, Gaspar A. Motta-Ramirez, Laura B. Shepardson, Amir H. Hamrahian, Brian R. Herts // AJR. – 2006. – Vol.187. – P.191-196.