



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **90422** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
A61B 8/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 15203	(72) Винахідник(и): Орел Валерій Еммануїлович (UA), Ніколов Микола Олександрович (UA), Шило Віктор Тихонович (UA), Романов Андрій Вікторович (UA), Супрунчук Дмитро Олександрович (UA), Колесник Сергій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 25.12.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.05.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.05.2014, Бюл.№ 10	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ РАКУ, вул. Ломоносова, 33/43, м. Київ, 03022 (UA)

(54) СПОСІБ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТЕКСТУРИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПЕЧІНКИ

(57) Реферат:

Спосіб комп'ютерного аналізу ультразвукової текстури цифрових зображень печінки, що включає побудову діагностичної зони інтересу, у якому вибирають серію зон в IV, V, VI, VII, VIII та хвостовому сегментах з наступним визначенням у них взаємного коефіцієнта просторової автокореляції та проводять диференційну діагностику на основі їх загальної суми.

UA 90422 U

Корисна модель належить до медицини, а саме до ультразвукової діагностики, і може бути використана як додатковий спосіб проведення аналізу цифрових ультразвукових зображень у діагностиці хвороб печінки та низки інших захворювань в медицині та ветеринарії.

Відомий спосіб аналізу цифрових ультразвукових зображень печінки, заснований на можливості візуального сприйняття інформації фахівцем з променевої діагностики [1]. Ехографію печінки проводять зазвичай із застосуванням субкостального та/або інтеркостального доступу в реальному масштабі часу. Дослідження печінки проводять під час затримки дихання на вдиху, коли печінка дещо опускається вниз і стає більш доступною для візуалізації. При скануванні в епігастральній ділянці датчик встановлюють на 2 см вліво від передньої серединної лінії, при поперечному - датчик переміщують до пупка. Застосовують також техніку так званого "косого" сканування печінки, коли ультразвуковий датчик розташовують паралельно до правої реберної дуги під кутом 45° у краніальному напрямку.

Отримане ультразвукове цифрове зображення печінки умовно здорової людини на основі візуального аналізу характеризується наявністю дрібних, неінтенсивних, відносно далеко розташованих один від одного ехосигналів, у результаті чого між ними залишається ехонегативний простір. Ехосигнали гомогенні за розміром і рівномірно розподілені по всій печінці. Портальні судини простежуються по периферії печінки; ехоструктури їх стінок більш виражені, ніж ехоструктури навколишньої їх паренхіми печінки; печінка має рівний, чіткий контур.

При гострих і хронічних гепатитах ехографічне зображення є неспецифічним. Зазвичай визначається збільшення розмірів печінки, закруглення її країв. Ехоструктури переважно нормальні, слабоекотгенні. Лише при тривалому перебігу захворювання ехоструктура печінки стає "строкатою" з чергуванням ділянок слабкої і високої ехотгенності. При цирозі печінки зазвичай розміри печінки збільшені, нерідко за рахунок лівої долі печінки. У термінальній стадії захворювання при переважанні атрофічних процесів розміри органа зменшуються. Характерним є значне закруглення нижнього краю печінки і нерівність її контурів. Ехоструктури печінки істотно посилюються, що пов'язано зі значною перебудовою архітекτονіки печінки, характерної для цирозу. При атрофічній стадії кількість і розмір ехосигналів знижуються. Нарешті, важливою візуальною ознакою цирозу є зниження еластичності і звукопровідності печінки.

Однак використання такого візуального підходу має певні труднощі: діагностичні можливості обмежені тим, що органи зору людини, за психофізичними законами Вебера-Фехнера та Стівенсона, сприймають зміни в медичних зображеннях лише в логарифмічній прогресії; суттєвою є залежність від досвіду та психоемоційного стану самого лікаря [2]. Точність даного способу діагностики, як правило, не перевищує 70 %.

Як найближчий аналог вибрано спосіб діагностики за аналізом ультразвукових цифрових зображень печінки [Патент № 2398513, RU, МПК А61В8/00. Способ определения эхооднородности и степени эхогенности ультразвукового изображения, опубл. 10.09.2010. - Бюл. № 25], що включає ультразвукове сканування у В-режимі з візуалізацією на моніторі апарата ультразвукового зображення. Для поліпшення якості діагностування патологій, особливо структурних, виконують аналіз текстури ультразвукових ехограм, який включає сегментацію та класифікацію текстур. Далі здійснюють порівняння двох зон, розташованих на однаковій відстані від датчика досліджуваної і фоновой. Для цього на ультразвуковому зображенні виділяють зони інтересу і проводять гістограмний аналіз. Визначення ехооднорідності і ступеня ехотгенності виконують на підставі отриманих кількісних статистичних показників.

Позитивним у найближчому аналогу є об'єктивізація результатів дослідження на основі кількісного гістограмного аналізу зображень.

Недоліком найближчого аналога є те, що при його використанні не враховується взаємне просторове розташування пікселів та їх яскравості один щодо одного, що призводить до неоднозначності та неповноти характеристики текстурних властивостей зображення. Іншим обмеженням діагностичної значимості методу-прототипу є те, що при порівнянні текстур у зонах інтересу одна з них приймається за умовно нормальну, неуразжену патологічним процесом. При хронічних процесах у печінці, функціональні та структурні зміни в органах охоплюють в тій чи іншій мірі весь орган.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробити спосіб комп'ютерного аналізу ультразвукової текстури цифрових зображень печінки шляхом виділення сегментів печінки з наступним визначенням в них коефіцієнта просторової автокореляції яскравості пікселів, що дасть можливість підвищити ефективність диференційної діагностики різних форм гепатитів за даними ультразвукового обстеження печінки.

- Поставлена задача вирішується тим, що спосіб комп'ютерного аналізу ультразвукової текстури цифрових зображень печінки, що включає побудову діагностичної зони інтересу, згідно з корисною моделлю, вибирають серію зон в IV, V, VI, VII, VIII та хвостовому сегментах з наступним визначенням у них взаємного коефіцієнта просторової автокореляції та диференційну діагностику проводять на основі їх загальної суми (r_{Σ}) при таких узагальнених співвідношеннях r_{Σ} для різних стадій захворювання:

норма - $r_{\Sigma}^H \rightarrow 0$;

цироз печінки - $r_{\Sigma}^U > r_{\Sigma}^H$;

гострий гепатит - $r_{\Sigma}^{ГГ} > r_{\Sigma}^U$;

- 10 хронічний гепатит чи хронічний гепатит у стадії загострення - $r_{\Sigma}^{ХрГ}$, $r_{\Sigma}^{ХрГЗ} > r_{\Sigma}^{ГГ}$, а диференційну діагностику між хронічним гепатитом (ХрГ) та хронічним гепатитом у стадії загострення (ХрГЗ) здійснюють за значеннями коефіцієнта просторової кореляції r в IV сегменті: $r^{ХрГ} > r^{ХрГЗ}$, V та VIII сегментах: $r^{ХрГ} < r^{ХрГЗ}$.

Спосіб виконують наступним чином.

- 15 Отримують ультразвукові цифрові зображення сегментів печінки у В-режимі. Після цифрової фільтрації ультразвукових зображень виділяють зони діагностичного інтересу в IV, V, VI, VII, VIII і хвостовому сегментах печінки з наступним визначенням взаємного коефіцієнта просторової автокореляції за формулою Морана:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right) \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n w_{ij}}, \text{ де}$$

- 20 n - кількість точок зображення;

x_i - значення інтенсивності i -ї точки;

\bar{x} - середнє значення інтенсивності;

w_{ij} - ваговий коефіцієнт, що дорівнює інвертованій відстані між точками i та j , тобто $1/d_{ij}$.

- 25 Диференційну діагностику проводять на основі загальної суми коефіцієнтів просторової кореляції (r_{Σ}) зазначених сегментів при наступних співвідношеннях r_{Σ} для різних стадій захворювання:

норма - $r_{\Sigma}^H \rightarrow 0$;

цироз печінки - $r_{\Sigma}^U > r_{\Sigma}^H$;

гострий гепатит - $r_{\Sigma}^{ГГ} > r_{\Sigma}^U$;

- 30 хронічний гепатит чи хронічний гепатит у стадії загострення - $r_{\Sigma}^{ХрГ}$, $r_{\Sigma}^{ХрГЗ} > r_{\Sigma}^{ГГ}$.

Диференційну діагностику між хронічним гепатитом (ХрГ) та хронічним гепатитом у стадії загострення (ХрГЗ) здійснюють за значеннями коефіцієнта просторової кореляції r в IV сегменті: $r^{ХрГ} > r^{ХрГЗ}$, V та VIII сегментах: $r^{ХрГ} < r^{ХрГЗ}$.

- 35 Прикладом реалізації заявленого способу є аналіз 8 ультразвукових зображень, печінки умовно здорових пацієнтів, 15 - з хронічним гепатитом, 7-3 хронічним гепатитом у стадії загострення, 7 - з гострим гепатитом, 12 - з циротичними змінами.

Виходячи з того, що функціональна здатність клітин паренхіми печінки (гепатоцитів) високоспеціалізовані, вивчалися текстурні властивості зображення в різних сегментах печінки. Комп'ютерний аналіз проводився в IV, V, VI, VII, VIII і хвостовому сегментах печінки.

- 40 На кресленні наведена діаграма значень коефіцієнта просторової автокореляції ультразвукових текстурних зображень паренхіми печінки в різних сегментах залежно від діагнозу.

- 45 В таблиці наведено статистично значущу відмінність значень коефіцієнта просторової автокореляції між групами пацієнтів ($p < 0,05$). Критерієм коректності порівняння результатів автокореляційного аналізу між групами слугувало середньоквадратичне відхилення (σ) яскравості пікселів у зоні інтересу. При цьому діапазон допустимих значень σ становив

відносно середнього значення яскравості від 10 до 20 %.

Просторовий коефіцієнт автокореляції r для печінки в умовно здорових пацієнтів наближався до нуля. Для хронічного гепатиту та хронічного гепатиту в стадії загострення було характерне збільшення коефіцієнта автокореляції ($r \sim 0,1$) в V, VI, VII сегментах. Істотна відмінність між цими групами проявлялася в IV сегменті, де коефіцієнт автокореляції при хронічному гепатиті майже удвічі вищий, ніж у стадії загострення. Середнє значення коефіцієнта автокореляції у пацієнтів з гострим гепатитом і цирозом печінки для всіх сегментів печінки було $r = 0,04$. Статистично достовірні відмінності між цими двома групами проявляються в VI, VII сегментах: при гострому гепатиті в цих сегментах $r \sim 0,08$, при цирозі - $r \sim 0,02$.

При можливості проаналізувати ультразвукову текстуру всіх зазначених сегментів печінки були отримані наступні узагальнені значення суми коефіцієнтів просторової кореляції (r_{Σ}) для різних стадій захворювання:

норма - $r_{\Sigma}^H = 0,00 \pm 0,08$;

цироз печінки - $r_{\Sigma}^U = 0,19 \pm 0,04$;

гострий гепатит - $r_{\Sigma}^{ГГ} = 0,29 \pm 0,04$;

хронічний гепатит чи хронічний гепатит у стадії загострення -

$r_{\Sigma}^{ХрГ} = 0,45 \pm 0,06$, $r_{\Sigma}^{ХрГЗ} = 0,50 \pm 0,04$.

Достовірні різниця між $ХрГ$ та $ХрГЗ$ спостерігалась за значеннями коефіцієнта просторової кореляції r в:

IV сегменті: $r^{ХрГ} = 0,10 \pm 0,02$, $r^{ХрГЗ} = 0,06 \pm 0,03$;

V сегменті: $r^{ХрГ} = 0,07 \pm 0,03$, $r^{ХрГЗ} = 0,13 \pm 0,03$;

VIII сегментах: $r^{ХрГ} = 0,04 \pm 0,02$, $r^{ХрГЗ} = 0,08 \pm 0,03$.

Таким чином, посегментний аналіз текстури ультразвукових зображень паренхіми печінки дозволяє кількісно визначати в них дифузні зміни. Це дозволяє підвищити ефективність диференційної діагностики різних форм гепатитів за даними ультразвукового обстеження печінки.

Таблиця

Статистично значуща відмінність (* - $p < 0,05$) значень коефіцієнта просторової автокореляції між групами пацієнтів з гострими та хронічними дифузними запальними захворюваннями печінки

Порівняльні діагнози	Сегмент печінки					
	IV	V	VI	VII	VIII	Хвостовий сегмент
Умовно здорові - гепатит (хронічна форма)	*	*	*	*	*	*
Умовно здорові - хронічний гепатит (гостра форма)		*	*	*	*	*
Умовно здорові - гепатит (гостра форма)				*		
Умовно здорові - цироз	*					*
Гепатит (хронічна форма) - гепатит (хронічна форма, стадія загострення)	*		*			
Гепатит (хронічна форма) - гепатит (гостра форма)		*	*			
Гепатит (хронічна форма) - цироз		*	*			*
Гепатит (хронічна форма, стадія загострення) - гепатит (гостра форма)		*				
Гепатит (хронічна форма, стадія загострення) - цироз		*	*	*		
Гепатит (гостра форма) - цироз					*	

Джерела інформації:

1. Блок Б. УЗИ внутренних органов / Б. Блок. - М.: МДДпресс-информ, 2011. - 256 с.
2. Nonlinear analysis of digital images and Doppler measurements for trophoblastic tumor / V. Orel, T. Kozarenko, K. Galachin, A. Romanov, A. Morozoff// Nonlinear Dynamics Psychol Life Sci. - 2007. - Vol. 11, No. 3. - P. 309-331.
3. Пат. № 2398513, RU, МПК А61В8/00. Способ определения эхооднородности и степени экзогенности ультразвукового изображения / Т.Л. Силина, С.С. Голубков (RU). - № 2008149311/14; заявл. 16.12.2008; опубл. 10.09.2010. - Бюл. № 25 (найближчий аналог).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

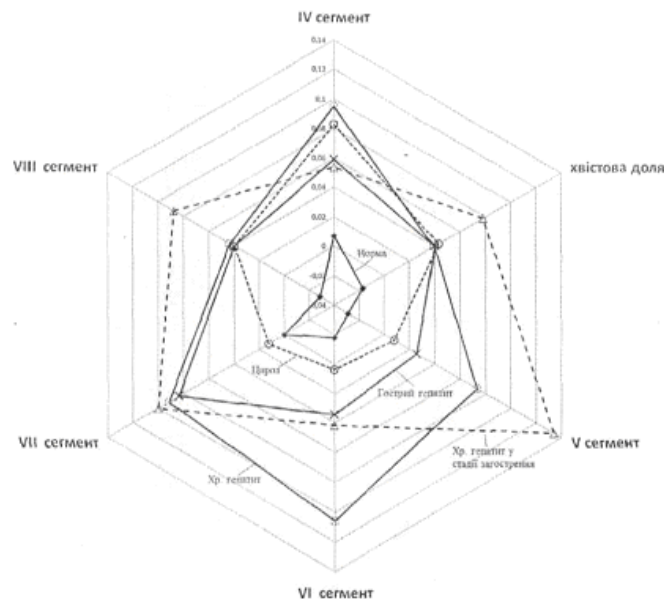
Спосіб комп'ютерного аналізу ультразвукової текстури цифрових зображень печінки, що включає побудову діагностичної зони інтересу, який **відрізняється** тим, що вибирають серію зон в IV, V, VI, VII, VIII та хвостовому сегментах з наступним визначенням у них взаємного коефіцієнта просторової автокореляції та проводять диференційну діагностику на основі їх загальної суми (r_{Σ}) при таких узагальнених співвідношеннях r_{Σ} для різних стадій захворювання:

норма - $r_{\Sigma}^H \rightarrow 0$;

цироз печінки - $r_{\Sigma}^C > r_{\Sigma}^H$;

гострий гепатит - $r_{\Sigma}^{ГГ} > r_{\Sigma}^C$;

хронічний гепатит чи хронічний гепатит у стадії загострення - $r_{\Sigma}^{ХрГ}, r_{\Sigma}^{ХрГЗ} > r_{\Sigma}^{ГГ}$, а диференційну діагностику між хронічним гепатитом (ХрГ) та хронічним гепатитом у стадії загострення (ХрГЗ) здійснюють за значеннями коефіцієнта просторової кореляції r в IV сегменті: $r^{ХрГ} > r^{ХрГЗ}$, V та VIII сегментах: $r^{ХрГ} < r^{ХрГЗ}$.



Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601