



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110058** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)
A61B 8/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2013 15204**
(22) Дата подання заявки: **25.12.2013**
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: **10.11.2015**
(41) Публікація відомостей про заявку: **25.06.2015, Бюл.№ 12**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.11.2015, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):
**Орел Валерій Еммануїлович (UA),
Ніколов Микола Олександрович (UA),
Шило Віктор Тихонович (UA),
Романов Андрій Вікторович (UA),
Супрунюк Дмитро Олександрович (UA),
Колесник Сергій Володимирович (UA)**
(73) Власник(и):
НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ РАКУ,
вул. Ломоносова, 33/43, м. Київ, 03022 (UA)
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
UA 28596 A, 16.10.2000.
CN 101238992 A, 13.08.2008.
RU 2398513 C1, 10.09.2010.
Ribeiro RM. Computer-aided diagnosis in chronic liver disease based on ultrasound imaging/Ricardo Miguel Ribeiro; Instituto Superior Tecnico, Draft: Tese Prosofia, April, 2013. [Інтернет-публікація], URL: http://users.isr.ist.utl.pt/~jmrs/teaching/orientations/PhD/Thesis_RRibeiro.pdf.
Khan KN. Proposed abdominal sonographic staging to predict severity of liver diseases: analysis with peritoneoscopy and histology // Dig Dis Sci.- 2000.-№45 (3).- p.554-564.
HornгаМН. Texture feature coding method for classification of liver sonography // Computerized Medical Imaging and Graphics.- 2002.- Vol. 26 (1).- P.33-42.
Yamaguchi T. Examination of the Spatial Correlation of Statistics Information in the Ultrasonic Echo from Diseased Liver // Japanese Journal of Applied Physics.-2002.- Vol. 41 Part 1, № 5B, - p. 3585-3589.

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

(57) Реферат:

Винахід належить до способу комп'ютерного аналізу ультразвукової текстури цифрових зображень печінки, що включає ультразвукове сканування й візуалізацію на моніторі апарату цифрового ультразвукового зображення печінки, де після цифрової фільтрації ультразвукових зображень виділяють зони діагностичного інтересу в різних сегментах печінки з наступним визначенням в них взаємного коефіцієнту просторової автокореляції.

UA 110058 C2

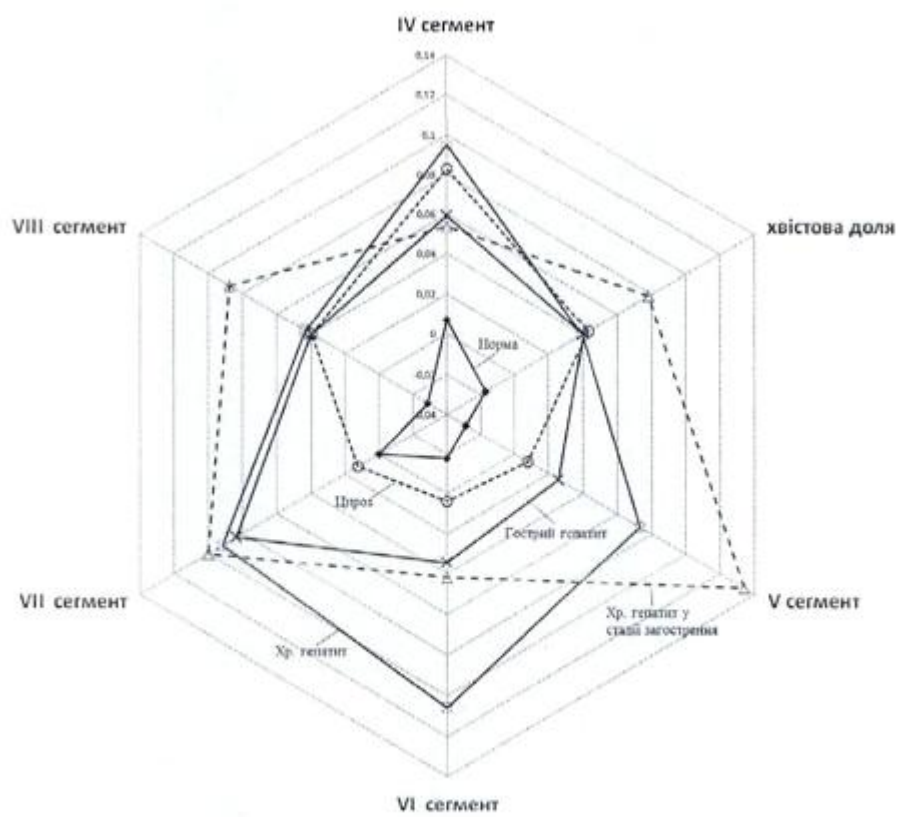


Fig. 1

Винахід належить до медицини, а саме до ультразвукової діагностики, і може бути використаний як додатковий метод 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 %.

За прототип вибрано спосіб діагностики за аналізом ультразвукових цифрових зображень печінки [Пат. № 2398513, RU, МПК А61В 8/00. Способ определения эхооднородности и степени эхогенности ультразвукового изображения / Т.Л. Силина, С.С. Голубков (RU). - № 2008149311/14; заявл. 16.12.2008; опубл. 10.09.2010. - Бюл. № 25], що включає ультразвукове сканування у В-режимі з візуалізацією на моніторі апарату 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 фонові. 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 прототипі є об'єктивізація результатів дослідження на основі кількісного гістограмного аналізу зображень.

Недоліком прототипу 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 винаходу 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 таким чином.

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:

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

5

де

n - кількість точок зображення;

x_i - значення інтенсивності i -ї точки;

\bar{x} - середнє значення інтенсивності;

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

Диференційну діагностику проводять на основі загальної суми коефіцієнтів просторової кореляції (r_Σ) зазначених сегментів при наступних співвідношеннях r_Σ для різних стадій захворювання:

- норма - $r_\Sigma^H \rightarrow 0$;

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

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

- 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 коефіцієнту просторової кореляції r в

20 - IV сегменті: $r^{ХрГ} > r^{ХрГЗ}$;

- V та VIII сегментах: $r^{ХрГ} < r^{ХрГЗ}$.

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

25 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.

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

30

В табл. 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 %.

35

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 у двічі 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 - $r \sim 0,02$.

40

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 - $r_{\Sigma}^H = 0,00 \pm 0,08$;
- 5 - 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 - $r_{\Sigma}^{ХрГ} = 0,45 \pm 0,06$,
 $r_{\Sigma}^{ХрГЗ} = 0,50 \pm 0,04$.

10 Достовірна різниця між $r_{ХрГ}$ та $r_{ХрГЗ}$ спостерігалась за значеннями коефіцієнту 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 $r_{ХрГ} = 0,04 \pm 0,02$, $r_{ХрГЗ} = 0,08 \pm 0,03$.

15 Таким чином, посементний 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					*	

20 Пояснення до графічних матеріалів винаходу

Рисунок - Діаграма значень коефіцієнта просторової автокореляції ультразвукових текстурних зображень паренхіми печінки в різних сегментах залежно від діагнозу

Джерела інформації:

1. Блок Б. УЗІ внутрішніх органів / Б. Блок. - М.: МЕДпресс-информ, 2011. - 256 с.
- 25 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 А61В 8/00. 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. (прототип).

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб комп'ютерного аналізу ультразвукової текстури цифрових зображень печінки, що включає ультразвукове сканування й візуалізацію на моніторі апарата цифрового ультразвукового зображення печінки, який **відрізняється** тим, що після цифрової фільтрації ультразвукових зображень виділяють зони діагностичного інтересу в різних сегментах печінки з наступним визначенням в них взаємного коефіцієнту просторової автокореляції за формулою:

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

де n - кількість точок зображення;

x_i - значення інтенсивності i -ої точки;

\bar{x} - середнє значення інтенсивності;

15 w_{ij} - ваговий коефіцієнт, що дорівнює інвертованій відстані між точками i та j , тобто $1/d_{ij}$, далі проводять диференційну діагностику захворювань печінки на основі загальної суми коефіцієнта просторової кореляції за Мораном (r_Σ) в IV, V, VI, VII, VIII та хвостовому сегментах, де узагальнені значення суми коефіцієнтів просторової кореляції відповідають наступним захворюванням:

20 при значеннях $r_\Sigma=0,00\pm0,08$ - норма,

$r_\Sigma=0,45\pm0,06$ - хронічний гепатит,

$r_\Sigma=0,50\pm0,04$ - хронічний гепатит,

$r_\Sigma=0,29\pm0,04$ - гострий гепатит,

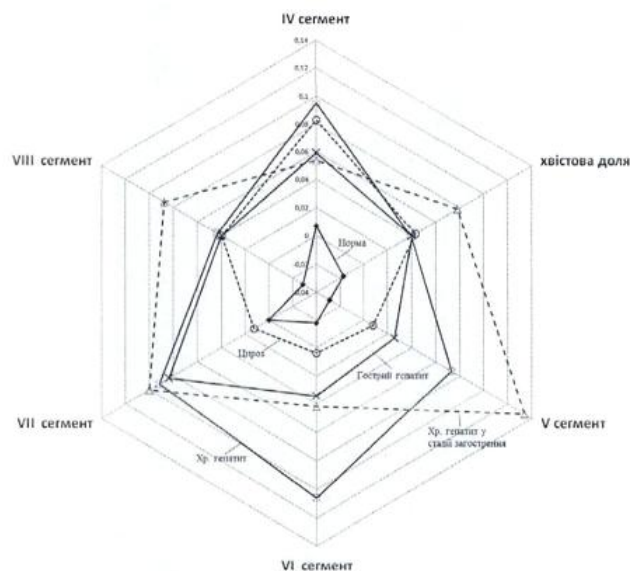
$r_\Sigma=0,19\pm0,04$ - цироз печінки,

25 диференційну діагностику по значеннях коефіцієнтів просторової кореляції між хронічним гепатитом ($r_{\text{хрг}}$) та хронічним гепатитом у стадії загострення ($r_{\text{хргз}}$) здійснюють:

в IV сегменті при $r_{\text{хрг}}=0,10\pm0,02$ та $r_{\text{хргз}}=0,06\pm0,03$,

в V сегменті при $r_{\text{хрг}}=0,07\pm0,03$ та $r_{\text{хргз}}=0,13\pm0,03$ та

в VIII сегменті при $r_{\text{хрг}}=0,04\pm0,02$ та $r_{\text{хргз}}=0,08\pm0,03$.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

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

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