УДК 61:621.397.13.398
Д. М. Баязітов, В. В. Грубнік
ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ФОРМ ГОСТРОГО АПЕНДИЦИТУ, СФОРМОВАНОЇ З УРАХУВАННЯМ ЛАПАРОСКОПІЧНИХ ДАНИХ

Розглянуто можливість підвищення ефективності діагностики гострого апендициту на основі комбінованого використання клінічної інформації з даними, отриманими при лапароскопічному діагностичному дослідженні та при аналізі зображень, отриманих за допомогою комп'ютерної томографії та магнітно-резонансної томографії. Використання подібної класифікації дозволило зменшити кількість хибнонегативних апендектомій при ускладненому гострому апендициті з 15,8 % при використанні класичної класифікації до 2,4 % ($p<0,05$) при застосуванні комбінованого методу діагностики та визначення форми гострого апендициту.

Ключові слова: апендицит, апендектомія, лапароскопія, класифікація гострого апендициту.

UDC 61:621.397.13.398
D. M. Bayazitov, V. V. Grubnik
PROBLEM OF THE USAGE OF ACUTE APPENDICITIS CLASSIFICATION, WHICH INCLUDES DATA GAINED BY LAPAROSCOPIC INVESTIGATIONS

The possibility of heightening of the acute appendicitis effective diagnostics on the basis of combined usage of clinical manifestations, laparoscopic diagnostic data and computer tomogram or/and magnetic imaging resonance images analytical data is considered. The net decreasing of the number of false negative appendicitis resections under conditions of complicated appendicitis starting from 15.8% in case of traditional classification exploration up to 2.4% ($P<0,05$) was the result of practical usage of combined method of diagnostics and definition of appendicitis type classification.

Key words: appendicitis, appendectomy, laparoscopy, acute appendicitis classification.

УДК 617.55-072.1+615.471.03:616.072.1

А. В. Ляшенко,
М. Р. Баязітов, *д-р мед. наук, проф.,*
Л. С. Годлевський, *д-р мед. наук, проф.,*
Н. В. Кресюн, *д-р мед. наук,*
А. Б. Бузиновський,
О. М. Нєнова, *канд. мед. наук, доц.*

АВТОМАТИЗОВАНА ЛАПАРОСКОПІЧНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ ПЕЧІНКИ

Одеський національний медичний університет

При автоматизації діагностики за ознаками лапароскопічних зображень застосовують інформаційні системи, які дозволяють провести оцінку окремих ділянок зображень, що викликають підозру щодо наявності патологічних змін за певними ознаками, а саме: колір, контур/форми, а також характеристики текстур [4].

При автоматизованому аналізі відеолапароскопічних зображень, отриманих при дослідженні органів черевної порожнини, наявними є певні особливості, які необхідно брати до уваги [8]. Так, автори зазначають, що як наслідок значного зашумлення та недостатнього освітлення відмінності елементів зображень кольору є незначними, тимчасом як відмінності форми об'єктів високоваріабельні, що незначно ускладнює, а інколи і унеможливлює їх використання з метою автоматизованої діагностики. Додатковою особливістю є те, що переважна більшість пікселів забарвлені відтінками червоного кольору, тому ознаки кольору як такі малоінформативні.

До факторів, які суттєво можуть впливати на результати подібних досліджень, слід зарахувати також швидку зміну ракурсу й освітлення об'єктів, спотворення інформації за рахунок відбиття проміння від поверхні [4; 7]. Нарешті, важливим є той факт, що сприйняття характеристик зображень людським оком суттєво відрізняється від інформації, яку реєструє цифрова відеокамера, тому що на рівні кодування кольору відеокамерою не реалізується закон Вебера — Фехнера [1; 2]. Через подібні відмінності є необхідним застосування, зокрема, гамма-корекції до первинної інформації, яка дозволяє визначити співвідношення між чисельним значенням пікселя та його дійсним значенням освітлення [1]. Після цієї процедури подальше застосування логарифмічної шкали не спотворює суб'єктивну кольорову палітру людського ока.

Зважаючи на складність передачі кольору як інформативної ознаки, яка має діагностичне значення, універсальним підходом до автоматизованого ана-

лізу зображень — порівняння їх з відповідною нормою — використання шкали сірого кольору [2–4]. Так, для норми гістероскопічних зображень характерні більш висока медіана сірого кольору, а також більша гомогенність та менша контрастність порівняно з ендометрієм із патологічними змінами [4].

Подібний факт вказує на ефективність дослідження текстури зображення як інформаційного діагностичного критерію, що було підтверджено при комп'ютерній автоматизованій діагностиці (КАД) злоякісних пухлин матки [4]. Загальна схема КАД базувалася на реалізації алгоритму, який передбачав захоплення відеозображення, гамма-корекцію, багатомасштабний аналіз текстури зображення, екстракцію характерних ознак з подальшою селекцією та на завершальному етапі — класифікацію зображень [4; 7; 8]. Причому класифікація зображень відбувалася з використанням бази даних відповідних зображень і технологій їх послідовного порівняння із застосуванням методу опорних векторів (vector support machine, VSM) та можливої нейронної мережі (PNN).

Однак сьогодні немає чітких рекомендацій щодо протоколу автоматизованого розпізнавання лапароскопічних зображень, використання з цією метою методів, які довели свою ефективність в інших наукових галузях. Одним з таких методів є визначення ефективності вейвлетів Хаара для швидкого розпізнавання образів [1; 5; 6]. Разом з тим, при ендоскопічній автоматизованій діагностиці поліпозного ураження кишечнику за допомогою ендокапсул у дослідженні [1] було застосовано три різні підходи. Так, за цих умов автори піддали сумніву ефективність застосування ознак Хаара та гістограми направлених градієнтів, що пояснюється надмірно високою вихідною різноманітністю орієнтації патологічних утворень. Використання об'єднаного композитного дескриптора дозволило підвищити ефективність розпізнавання, яка при аналізі 20 відео, отриманих із бази даних зображень поліпів клініки Мейо, сягала 93,9 %. Ці результати вказують на можливість збільшення ефективності розпізнавання на основі ознак Хаара при попередньому визначенні зони, підозрюваної на наявність патологічних змін.

Зважаючи на здатність методу ознак Хаара ефективно здійснювати розпізнавання зображень під різними кутами та на різній відстані, **метою** цього дослідження було визначення ефективності класифікації лапароскопічних зображень поверхні печінки на основі каскаду Хаара.

Матеріали та методи дослідження

При проведенні дослідження дотримувалися певних правил збору й аналізу відеоінформації, яка мала таку послідовність дій:

1) калібрування цифрової камери, яка обов'язково включала баланс білого, а також конвертування кольорової палітри у цифровий код, що здійснювалася за інструкцією виробника;

2) отримання відеоінформації здійснювали при фронтальному розташуванні об'єкта щодо відеокамери та при мінімальному куті відхилення, який за [4] не перевищував 3°. За цих умов відстань до об'єкта становила від 3 до 5 см;

3) на зображеннях у режимі off-line виділяли зони, які, з точки зору діагностики, були інформативними та мали розміри 60×60 пікселів;

4) здійснювали гамма-корекцію виділеної зони;

6) аналіз текстури та класифікацію об'єктів проводили після конверсії RGB шкали в шкалу CIELAB;

7) класифікацію об'єктів проводили за ознаками Хаара, застосовували метод каскадного класифікатора;

8) результати класифікації розміщували в базі даних для подальшого вивчення відповідно результатам експертного аналізу та генерування відповідних висновків.

До навчання за ознаками Хаара було залучено 32 відеозображення пацієнтів із цирозом печінки, а також 30 відеозображень печінки у пацієнтів із метастазами (рис. 1). Середній вік пацієнтів становив відповідно (46,5±3,3) та (49,3±±4,5) року. Крім того, для навчання норми було використано 40 лапароскопічних зображень відеозображень поверхні печінки, отриманих у практично здорових осіб середнім віком (46,3±2,7) року.

Усі відео було отримано за допомогою відеообладнання, а саме лапароскопічної камери з оптикою діаметром 5 мм Carl Storz Tricam Camera (Carl Storz, Німеччина), у період з 2011 по 2016 рр. Камера мала аналоговий вихід (PAL 475 горизонтальних ліній), який оцифровувався при щільності пікселей 720×576 із використанням плати захоплення averMedia HD capture Studio 203 (Avermedia, Франція).

Критеріями включення відео до навчання були: задокументоване калібрування цифрової камери за параметрами, передбаченими виробником, середня тяжкість стану пацієнтів та підтвердження відповідних діагнозів за результатами клінічних і лабораторно-інструментальних методів дослідження.

Швидкість відеопотоку редагували (здійснювали субдискретизацію) за допомогою низькочастотного фільтра проводили модифікацію розмірів зображення збільшенням пікселів від 30×30 до 60×60, що дозволило змінювати розмір цифрового зображення для класифікатора.

Класифікація зображень. З метою застосування каскадного класифікатора за ознаками Хаара здійснювали навчання з подальшим тестуванням систе-

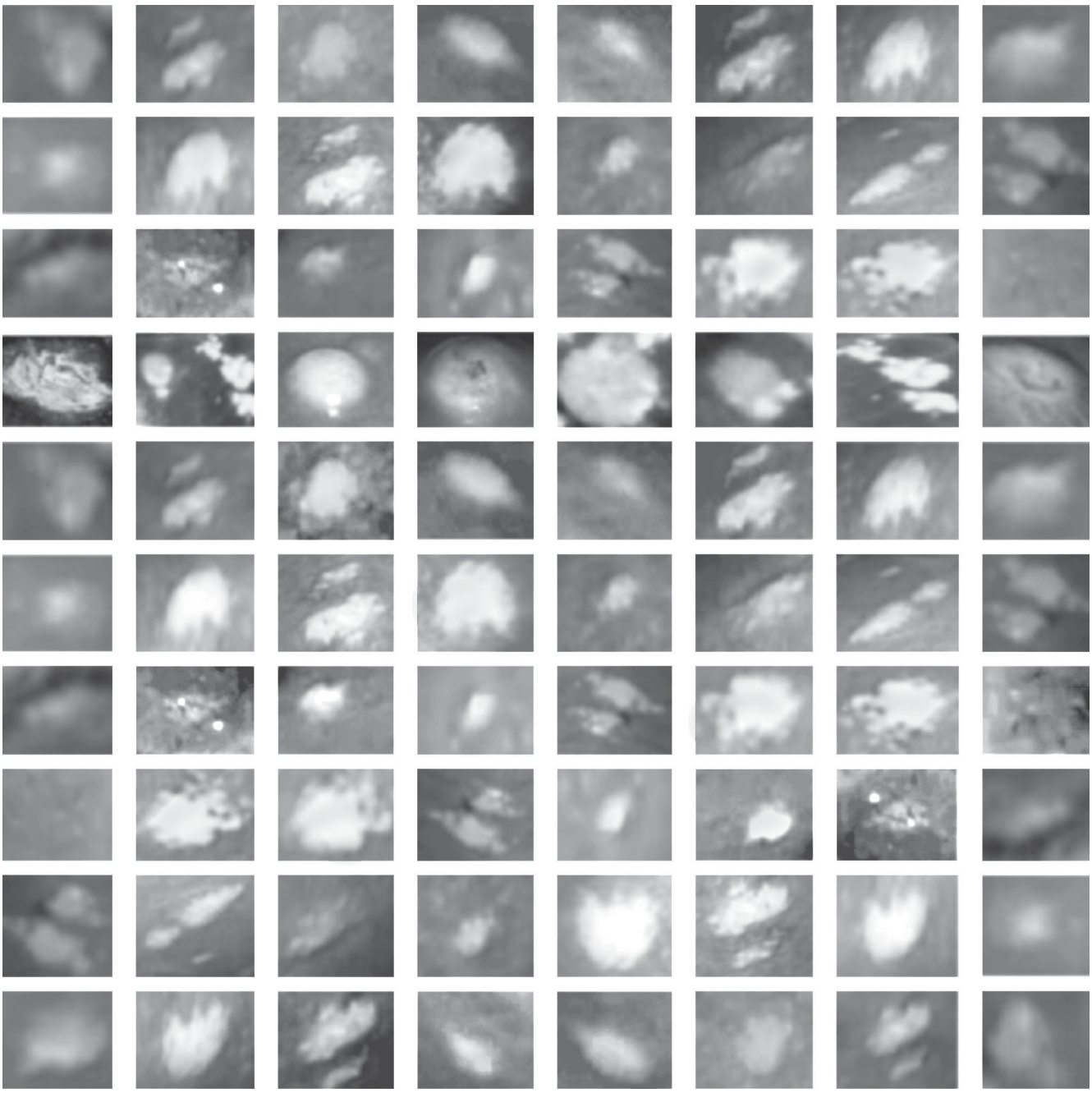

Рис. 1. Загальний вигляд зображень метастатичного ураження печінки, які було використано при навчанні системи автоматизованого розпізнавання зображень поверхні печінки

ми. При навчанні класифікатора задавали такі параметри:

— хибнопозитивні результати f=0,3;

— справжньопозитивні результати на каскад d=0,97;

— кількість рівнів каскаду S=15;

— розмір вікна розпізнавання 30 х 30 пікселей;

— кількість позитивних зображень n=1000 (500 з наявністю цирозу та 500 — з наявністю метастатичного ураження);

— кількість негативних зображень n=500.

Після проведення навчання класифікатора здійснювали тестування, яке полягало у визначенні ефективності розпізнавання норми та патологічних змін, а також характеру патологічних змін — відмінності цирозу від метастатичного ураження.

Тестування проводили із використанням автоматизованої системи генерування зображень, що ґрунтується на використанні гаусівської радіальної базисної функції (функції ядра) за [4]. З метою задання форми ядра використовували значення c=8 та гамма=0,04. Використання цих параметрів у нашому дослідженні добре узгоджувалось з експертною оцінкою відеозображень. Крім того, проводили

відповідні тестові випробування для RGB системи кольору.

Клінічна оцінка ефективності розробленої технології. Ефективність розробленої технології автоматизованої діагностики стану печінки оцінювали за випадками підтверджених у подальшому діагнозів. Усього при проведенні подібної оцінки було використано 32 зображення циротичних змін печінки та 30 зображень метастатичного її ураження. Крім того, у контролі спостерігали 79 пацієнтів, у яких лапароскопічна діагностика проводилась не з причин захворювання печінки, але у них було отримано відеознімки її поверхні.

На основі отриманих показників визначали чутливість та специфічність діагностичної процедури.

Чутливість розраховували як

$$\frac{СП}{СП+ХН} \cdot 100\ \%;$$

специфічність

$$\frac{СН}{СН+ХП} \cdot 100\ \%,$$

де СП — справжньопозитивні, ХН — хибнонегативні, СН — справжньонегативні та ХП — хибнопозитивні діагнози.

Крім того, розраховували позитивний прогностичний показник (ППП):

$$ППП = \frac{СП}{СП+ХП} \cdot 100\ \%$$

та негативний прогностичний показник (НПП):

$$НПП = \frac{СН}{СН+ХН} \cdot 100\ \%.$$

Результати експертної оцінки та розробленої технології автоматизованої діагностики порівнювали з використанням z-критерію порівняння двох пропорцій та програми "Primer Biostatistics" (США).

Результати дослідження та їх обговорення

Результати апробації розробленого методу засвідчили, що за показником чутливості діагностики цирозу печінки розроблена технологія становила 68,8 % і перевищувала таку, яка мала місце при експертній діагностиці (31,0 %; $p<0,01$; табл. 1). При метастатичному ураженні також спостерігалися достовірні відмінності зазначеного показника — 80,0 та 46,7 % відповідно ($p<0,02$). Крім того, при метастатичному ураженні достовірно підвищувалася специфічність діагностики — з 52,5 % при експертній діагностиці до 85,0 % $p<0,01$), а також спостерігалося зростання прогностичних показників — як позитивного (з 42,4 до 80,0 %; $p<0,01$), так і негативного (з 56,8 до 87,2 %; $p<0,01$; див. табл. 1).

Таблиця 1

Ефективність класифікації зображень за допомогою розробленої комп'ютерної автоматизованої діагностики, %

Захворювання	Чутливість	Специфічність	Позитивний прогностичний показник	Негативний прогностичний показник
Експертна оцінка зображень				
Цироз	13/32 (31,0)	26/39 (66,7)	50,0	57,8
Метастатичне ураження	14/30 (46,7)	21/40 (52,5)	42,4	56,8
Розроблена автоматизирована діагностика				
Цироз	22/32## (68,8)	32/39 (82,0)	73,9	76,2
Метастатичне ураження	24/30# (80,0)	34/40## (85,0)	80,0##	87,2##

Примітка. # — $p<0,05$, ## — $p<0,01$ порівняно з відповідним показником у групі з експертною діагностикою.

Таким чином, отримані результати свідчать про достатньо високу ефективність автоматизованого розпізнавання патологічних змін у ділянках зображень, які досліджують протягом лапароскопічної діагностики. Зважаючи на особливості кольору лапароскопічних зображень, у дослідженні визначено ефективність використання інтенсивності у шкалі сірого, що відповідає практиці автоматизованого розпізнавання зображень за даними інших авторів [1; 2; 4; 8].

Також важливим є встановлений у дослідженні результат більшої ефективності класифікації зображень за методом опорних векторів порівняно з такою, яку здійснювали за допомогою каскадного класифікатора. Можна припустити, що подальше удосконалення системи навчання за рахунок розширення варіантів відповідних зображень сприятиме зростанню ефективності автоматизованої діагностики.

Висновки

1. Отримані результати свідчать про ефективність застосування КАД на основі ознак Хаара за допомогою класифікатора SVM при автоматизованій діагностиці стану печінки при цирозі та метастатичному ураженні.

2. Принципи устрою та функціонування розробленої КАД можуть мати універсальне значення при автоматизованій лапароскопічній діагностиці як стану печінки, так й інших органів черевної порожнини.

3. Створення відеобанку лапароскопічних зображень відповідно до вимог їх застосування в навчанні розробленої КАД є перспективним для подальшого підвищення ефективності автоматизованої лапароскопічної діагностики.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Albisser Z.* Computer-aided screening of capsule endoscopy videos / Z. Albisser. – Master's Thesis, University of Oslo. – 2015.

2. *Application* of mobile photography with smartphone cameras for monitoring of orthodontic correction with dental brackets / L. S. Godlevsky, E. A. Bidnyuk, N. R. Bayazitov [et al.] // Chinese Journal of Modern Medicine. – 2014. – N 15. – P. 10–14.

3. *Application* of mobile photography with smartphone cameras for monitoring of early caries appearance in the course of orthodontic correction with dental brackets/ L. S. Godlevsky, E. A. Bidnyuk, N. R. Bayazitov [et al.] // Applied Medical Informatics. – 2013. – Vol. 33, N 4. – P. 21-26.

4. *Computer*-aided diagnosis in hysteroscopic imaging / M. S. Neofytou, V. Tanos, I. Constantinou [et al.] // IEEE J. Biomed. Health Inform. – 2015. – Vol. 19 (3). – P. 1129–1136. doi: 10.1109/JBHI.2014.2332760.

5. *Lux M.* Annotation of endoscopic videos on mobile devices: A bottom-up approach / M. Lux, M. Riegler // In: Proceedings of the 4th ACM Multimedia Systems Conference, MMSys '13, New York, USA. – 2013. – P. 141–145.

6. *Polyp* detection and radius measurement in small intestine using video capsule endoscopy/ M. Zhou, G. Bao, Y. Geng [et al.] // Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2014, 7th Int. Conf., Oct. N. Y., 2014. – 2014. – P. 237–241.

7. *Boisvert J.* Segmentation of laparoscopic images for computer assisted surgery**/** J. Boisvert, F. Cheriet, G. Grimard / Lecture Notes in Computer Sciences. – 2003. – Vol. 2749. – P. 587–594.

8. *Shu Y.* Segmentation of laparoscopic images: Integrating graph-based segmentation and multistage region merging / Y. Shu, G. A. Bilodeau, F. Cheriet // IEEEXplore Conference: Computer and Robot Vision, 2005. Proceedings. The 2nd Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV'05). DOI:10.1109/CRV.2005.74.

Надійшла 18.10.2016

Рецензент д-р мед. наук, проф. В. Є. Вансович

УДК 617.55-072.1+615.471.03:616.072.1

А. В. Ляшенко, М. Р. Баязітов, Л. С. Годлевський, Н. В. Кресюн, А. Б. Бузиновський, О. М. Нєнова

АВТОМАТИЗОВАНА ЛАПАРОСКОПІЧНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ ПЕЧІНКИ

У дослідженні було проведене вивчення ефективності розпізнавання лапароскопічних відеозображень поверхні печінки за допомогою розробленої автоматизованої системи, яка базувалася на застосуванні ознак Хаара. Класифікацію зображень здійснювали з використанням методу каскадного класифікатора. При використанні для навчання 1000 зображень позитивного характеру та 500 негативних зображень показник чутливості діагностики цирозу печінки розробленої технології становив 68,8 % і перевищував таку, яка мала місце при експертній діагностиці (31,0 %; p<0,01). При метастатичному ураженні достовірні відмінності зазначеного показника сягали 80,0 та 46,7 % відповідно (p<0,02). Крім того, при метастатичному ураженні достовірно підвищувалася специфічність діагностики — з 52,5 % при експертній діагностиці до 85,0 % (p<0,01), а також спостерігалося зростання прогностичних показників — як позитивного (з 42,4 до 80,0 %; p<0,01), так і негативного (з 56,8 % до 87,2 %, p<0,01).

Ключові слова: автоматизоване розпізнавання зображень, лапароскопічне відеозображення, ознаки Хаара.

UDC 617.55-072.1+615.471.03:616.072.1

A. V. Lyashenko, M. R. Bayazitov, L. S. Godlevsky, N. V. Kresyun, A. B. Buzynovskiy, O. M. Nyenova

THE AUTOMATIZED LAPAROSCOPIC DIAGNOSTICS OF THE LIVER PATHOLOGY

The effectiveness of the laparoscopic video-images of the surface of the liver is described. The automatic diagnostic technology was developed on the basis of Haar-like features usage. The classification of images was performed using cascade classificator usage, and 1000 positive images along with 500 negative ones have been used. It was established that the sensitivity of cirrhosis of the liver diagnostics was 68.8% and exceeded that one which was determined after expert analysis (31.0%) (P<0,01). The sensitivity of metastatic damage was 80.0% and 46.7 % after developed and expert diagnostics were performed correspondently (P<0.02). Besides, the specificity was also elevated — from 52.5% after expert diagnostics up to 85.0% (P<0.01) after developed method. The net increasing of both positive prognostic index (from 42.4 up to 80.0 %, P<0.01), and negative one (from 56.8% up to 87.2%, P<0.01) was also observed.

Key words: automatic detection of images, laparoscopic video-images, Haar-like features.

УДК 351.84:613.62

О. В. Орєхова, *канд. мед. наук*

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРАХОВИХ ВНЕСКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД КЛАСІВ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ

Український науково-дослідний інститут промислової медицини, Кривий Ріг

Вступ

Для залучення держави, роботодавців і працівників до управління професійними ризиками необхідно створити виправдану і прозору систему оцінки страхових тарифів. Для цього потрібно дотримуватися принципу еквівалентності зобов'язань страхувальника і страховика: тарифи страхових внесків мають встановлюватися у такому розмірі, щоб величина страхових внесків наближалася до обсягу виплат, пов'язаних з відшкодуванням шкоди потерпілим на виробництві [2; 4; 5]. Цій