

УДК 616-34-006.55

**И.В. Ярема,**

д.м.н., чл.-корр. РАН, заслуженный деятель науки РФ, профессор, декан лечебного факультета Московского медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова

**I.V. Yarema,**

MD, corresp. member of RAS, honored scientist of Russia, dean of the medical faculty of the Moscow Medical and Dental University named after A.I. Yevdokimov

**А.Н. Герасимов,**

д.физ.-мат.н., доцент, заведующий кафедрой медицинской информатики и статистики Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

**A.N. Gerasimov,**

Doctor of physical and mathematical sciences, associate prof., head of the chair of medical informatics and statistics of the I.M. Sechenov First MSMU

**Н.Ф. Лебедева,**

к.м.н., заведующий отделением эндоскопии городской клинической больницы № 5 Департамента здравоохранения г. Москвы

**N.F. Lebedeva,**

PhD, head of the Endoscopy Department of City Clinical Hospital № 5 of the Department of Health of Moscow

**О.М. Харьковская,**

врач-эндоскопист, отделения эндоскопии городской клинической больницы № 5 Департамента здравоохранения г. Москвы

**O.M. Kharkova,**

endoscopist of Endoscopy department of City Clinical Hospital № 5 of the Department of Health of Moscow

**А.А. Атаян,**

к.м.н., ассистент кафедры госпитальной хирургии № 2 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

**A.A. Atayan,**

PhD, assistant of the chair of hospital surgery № 2 of the I.M. Sechenov First MSMU

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОЛИПОВ КИШЕЧНИКА<sup>1</sup>

## AUTOMATED ANALYSIS OF INTESTINAL POLYPS IMAGES

**КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:**

Андрей Николаевич Герасимов, доцент, заведующий кафедрой медицинской информатики и статистики  
Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубечская, д. 8, стр. 2.  
Телефон: 8 (905) 550-50-84  
E-mail: andr-gerasim@yandex.ru  
Статья поступила в редакцию: 21.12.2015  
Статья принята к печати: 23.12.2015

**CONTACT INFORMATION:**

Andrej Nikolaevich Gerasimov, associate prof., head of the chair of medical informatics and statistics  
Address: 8-2 Trubetskaya str., Moscow, 119991  
Tel.: 8 (905) 550-50-84  
E-mail: andr-gerasim@yandex.ru  
The article received: 21.12.2015  
The article approved for publication: 23.12.2015

**Аннотация.** При помощи программ анализа изображений рассчитывается распределение точек фотографии полипа кишечника по яркости и цвету, а также скорости градиентам яркости и цвета. Далее, при помощи статистического анализа найдены связи показателей изображения с клиническими характеристиками. Получено, что рассчитанные характеристики позволяют достаточно точно определять диагноз.

**Annotation.** Using image analysis software calculates the distribution of points of polyp bowel picture brightness and color, as well as the rate of brightness and color gradients. Next, using statistical analysis finds connection with clinical indicators of image characteristics. It was found that the calculated characteristics allow to determine accurately the diagnosis.

**Ключевые слова.** Анализ медицинских изображений, диагностика аденокарциномы, гиперпластические полипы кишки.

**Keywords.** Analysis of medical images, diagnosis of adenocarcinoma, hyperplastic polyps colon.

<sup>1</sup> Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ 15-07-06947.

Современная медицина все более активно использует количественные показатели описания состояния пациентов и статистические методы их анализа.

Помимо данных анамнеза, лабораторных показателей и данных диагностических исследований современные врачи для постановки диагноза активно используют изображения. Однако описание изображений делается в основном на качественном уровне, что затрудняет объективизацию процесса постановки диагноза, обобщение клинической практики и получения новых научных результатов.

Имеющиеся системы автоматизированного анализа и модификации изображений, использование аппаратов, оснащенных режимами узкоспектрального изображения (NBI), позволяющих четче дифференцировать сосудистую (микрокапиллярную) сеть, повышения четкости изображения (HDTV), в основном рассчитаны на помощь врачу при его субъективном анализе изображения, а не на получение объективного описания изображения для дальнейшего статистического анализа [1].

Это ограничивает использование анализа изображений в современной медицинской науке, при том что технических ограничений нет. Практически все изображения в современной медицине получают в оцифрованном виде или легко оцифровываются, а копирование и передача оцифрованных изображений может быть произведена при помощи широко распространенных устройств. Также нет и особых технических проблем при компьютерной обработке изображений, т. к. возможности современной вычислительной техники позволяют легко справляться с необходимым объемом расчетов.

В связи с этим представляются актуальными разработка и апробирование методов автоматизированного анализа медицинских изображений для объективизации процесса постановки диагноза и повышения его качества.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа были использованы фотографии 145 новообразований толстой кишки, выявленных у 96 пациентов, обследованных в отделении эндоскопии ГБУЗ ГКБ № 5 ДЗ г. Москвы, полученные во время выполнения видеокколоноскопии, сохраненные на карту памяти. Диагнозы были верифицированы гистологически и при статистической обработке объединены в три группы: «гиперпластический полип», «аденоматозный полип» и «аденокарцинома».

Для улучшения визуальной оценки изображения используемые аппараты «Olympus» CF Q180AL и H180AL давали «Изображение в NBI режиме – в режиме узкого спектра» – позволяющем четче дифференцировать вновь образованную капиллярную

сеть (рис. 1, 2), которая в нормальной слизистой едва заметна или отсутствует совсем, предположить возможную гистологическую структуру выявленного новообразования или отличить неопластическое образование от неопластических. Также на получаемых изображениях более отчетливо видны неровности рельефа поверхности полипа [2, 3, 4, 5, 6, 7].



Рис. 1. Фотография полипа толстой кишки (слева – в белом свете, справа – в режиме NBI).  
Аппарат «Olympus» CF Q-180AL – без функции высокого разрешения

Из рисунка видно, что осмотр в белом свете малоинформативен для оценки ямочного и капиллярного рисунка, при осмотре в режиме NBI ямочный рисунок новообразования имеет вытянутую форму, капилляры хорошо видны: удлиненные, тонкие, коричневые. Тип 2 NICE классификации, тип 2 по классификации Sano [3, 6]. Предварительное заключение: аденоматозный полип. Окончательное гистологическое заключение: тубулярно-ворсинчатая аденома с дисплазией 2-й степени.

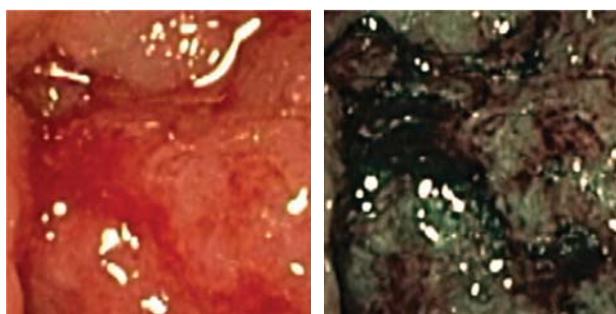


Рис. 2. Фрагмент фотографии измененной слизистой толстой кишки, исходная – в белом свете (слева) и в NBI-режиме (справа).  
Аппарат «Olympus» CF H-180AL с функцией высокого разрешения

Из рисунка видно, что рельеф новообразования неравномерный, бесструктурный, капиллярный рисунок неравномерный (тип 3 капиллярного рисунка по Sano), обрывистый; предварительное заключение: аденокарцинома толстой кишки. Окончательное гистологическое заключение: умереннодифференцированная аденокарцинома толстокишечного типа.

Из имеющихся фотографий новообразований толстой кишки были вырезаны фрагменты 200 на

200 пикселей с изображением полипа или аденокарциномы. Далее, эти изображения были обработаны при помощи разработанной автором программы<sup>2</sup>. Статистическая обработка полученного описания изображения была проведена при помощи IBM SPSS Statistics 19 [8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для задания цифровых изображений чаще всего используется цветовая модель RGB. В этом случае изображение задается как описание цвета каждой точки изображения, а для задания цвета точки отдельно задается интенсивность красного, зеленого и синего цвета, причем каждая из интенсивностей задается целым числом в пределах от 0 до 255.

В этом случае изображение 200 на 200 точек дает 40 тыс. чисел интенсивности красного, синего и зеленого цвета.

Программа, анализируя цвет точек изображения, рассчитывает число точек с интенсивностью красного, зеленого и синего цветов в пределах от 0 до 255. Также рассчитывается и анализируется яркость точки как среднее из интенсивности трех цветов.

Для полученных распределений строится частотная гистограмма, а также формируется таблица, которую можно скопировать и использовать для статистического анализа. В результате него получаем характеристики яркости и цветности изображений.

В таблице N – число объектов в группе, «ГП» – гиперпластический полип, «Полип» – аденоматозный полип, «Рак» – «аденокарцинома», – M – среднее арифметическое, m – статистическая погрешность среднего, s - среднеквадратичное отклонение, p – статистическая значимость различий средних по трем сравниваемым подгруппам, полученная при помощи дисперсионного анализа.

Из таблицы следует, что существенных различий в средней яркости и оттенках цветов у трех сравниваемых групп нет, однако имеются заметные несоответствия в степени различий яркости и цветности в пределах одного изображения. На фотографиях гиперпластического полипа точки в разных частях изображения ближе друг к другу, тогда как на изображениях аденокарцином имеются участки, больше различающиеся по яркости и цветности. Изображения с аденоматозным полипом – между этими двумя крайними группами.

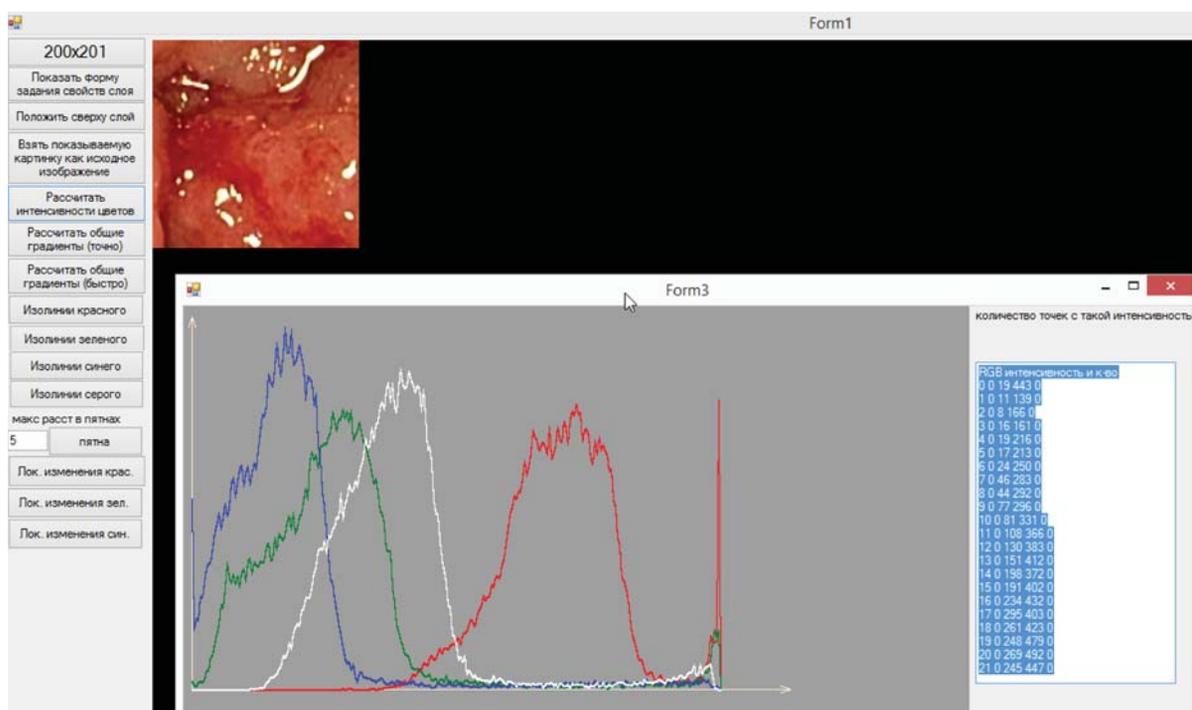


Рис. 3. Программа «Градиент», анализ распределения изображения по цвету

<sup>2</sup> Программа была разработана в Microsoft Visual Studio 12, любезно предоставленной фирмой Microsoft. Исполняемый модуль программы и инструкция по ее использованию выложена в Интернет по адресу <http://1mgmu.com/nau/spisokizo.html> для свободного пользования.

Таблица.

Статистические показатели яркости изображений

	ГП (N=30)			Полип (N=85)			Рак (N=22)			p
	М	s	m	М	s	m	М	s	m	
Белый свет										
М красный	183,3	25,1	4,4	176,3	31,8	3,4	179,9	22,4	4,8	0,488
М зеленый	105,6	21,2	3,7	99,9	23,9	2,6	94,5	17,8	3,8	0,194
М синий	69,3	20,4	3,6	66,2	20,5	2,2	67,4	15	3,2	0,738
М яркость	119,5	20,1	3,5	113,5	23,1	2,5	114	16,7	3,6	0,395
s красный	25,4	12,5	2,2	31,7	18,3	2	34,3	12,1	2,6	0,086
s зеленый	24,5	8,7	1,5	31,6	12,8	1,4	32,4	11,5	2,4	0,01
s синий	21,7	6,8	1,2	27,2	9,8	1,1	27,2	11,1	2,4	0,016
s яркость	22,7	8,3	1,5	29,4	13,3	1,4	29,6	9,8	2,1	0,019
	ГП (N=35)			Полип (N=89)			Рак (N=25)			
NBI	М	s	m	М	s	m	М	s	m	p
М красный	122,8	32,6	5,5	111,1	26,1	2,8	101,3	26,5	5,3	0,013
М зеленый	113	24,6	4,2	108	22	2,3	105,5	24,5	4,9	0,41
М синий	85,7	21	3,6	79,8	16,7	1,8	78,4	19,9	4	0,209
М яркость	107,3	23,8	4	99,2	19,7	2,1	95,1	22,7	4,5	0,068
s красный	30,7	11,7	2	37,1	10,8	1,1	40	10,7	2,1	0,002
s зеленый	32,1	12,1	2	37,2	11,8	1,2	41	9,3	1,9	0,011
s синий	28,9	12,5	2,1	33,4	10,3	1,1	37	10	2	0,016
s яркость	29,9	11,7	2	35,8	10,7	1,1	38,7	9,7	1,9	0,005

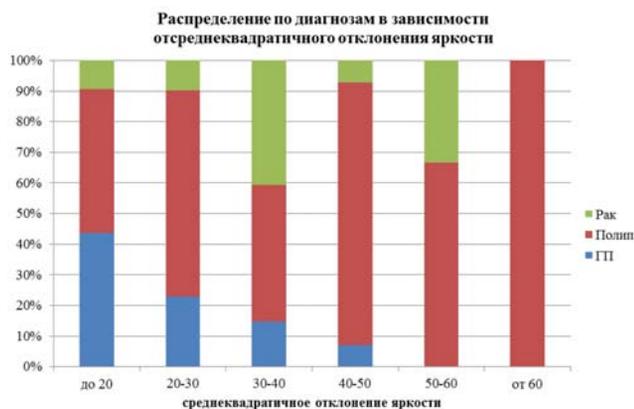


Рис. 4. Распределение по диагнозу в зависимости от среднеквадратичного отклонения яркости изображений в белом свете

Однако дальнейший статистический анализ говорит (см. рис. 3), что сила различий такова, что этот показатель может играть роль при постановке диагноза.

Кроме распределения по цвету точек изображения программа «Градиент» анализирует и зависимость скорости изменения цвета точек от расстояния между ними. Для этого берутся все пары точек, рассчитывается расстояние между ними и разность в цвете и определяется средняя величина различия цвета точек как функция от расстояния между ними. Для диффузных изображений данная

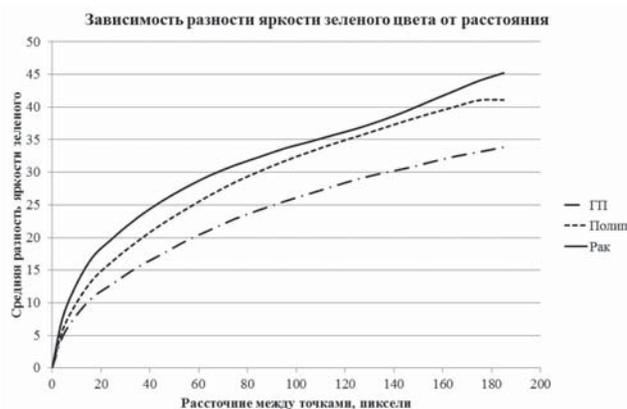


Рис. 5. Зависимость разности яркости зеленого цвета изображений в белом свете от расстояния между точками

функция должна быть небольшой, в отличие от изображений с небольшими контрастными фрагментами.

Здесь различия средних величин между группами уже более выражены, включая высокодостоверные различия с  $p < 0,001$ . Наибольшие различия оказались для интенсивности зеленого цвета.

Поскольку различия в градиентах яркости у больных с разными диагнозами более выражены, чем различия в цветности, то прогноз по этому показателю оказался даже несколько более точным, чем показанный выше на рис. 4. При этом прогноз по

изображениям, полученным в режиме в NBI, более точен, чем для исходных изображений.

Причина этого – в том, что предобработка изображений NBI повышает контрастность изображения.

## ВЫВОДЫ

Изображения гиперпластических полипов, аденоматозных полипов, аденокарцином статистически достоверно различаются по распределению цветов и градиентов цветов.

Полученные различия имеют диагностическую ценность и позволяют вместе с другими данными получать более точный предварительный диагноз, который по точности может быть сопоставим с гистологическим исследованием.

Система предобработки изображения NBI повышает контрастность изображений.

Использование систем автоматизированного статистического анализа изображений в колоноскопии позволяют получить новые результаты, имеющие практическую и научную ценность.

## Список литературы

1. Киселев А.С. Краткая история формирования ряда областей медицинской науки и видов высокотехнологичной помощи для взрослых пациентов (обзор) // *Сеченовский вестник*. 2014; 16(4): 2-14.  
[Kiselev A.S. A brief history of the formation of a number of medical science branches and kinds of high-tech medical care for adult patients (review) // *Sechenovsky vestnik*. 2014; 16(4): 2-14.]
2. Атлас эндоскопии пищеварительного тракта: возможности высокого разрешения и изображения в узком световом спектре / Под ред. Дж. Коэна; пер. с англ.; под ред. А.А. Будзинского. М. «Логосфера». 2012. 360 с. [Atlas of endoscopy of the digestive tract: the possibility of high-resolution images in the narrow light spectrum / Ed. by J. Cohen, A.A. Budzinsky; transl. from English. М. «Logosfera». 2012. 360 p.]
3. Kanao H., Tanaka S., Oka S. et al. Narrow-band imaging magnification predicts the histology and invasion depth of colorectal tumors // *Gastrointest. Endosc.* 2009. 69 (3 Suppl.): 631–636.
4. Konishi K. et al. A comparison of magnifying and non-magnifying colonoscopy for diagnosis of colorectal polyps: A prospective study // *Gastrointest. Endosc.* 2003 Jan; 57(1): 48-53.
5. Mashida H., Sano Y., Hamamoto Y., Muto M., Koza T., Tajiri H., Yoshida S. NBI for differential diagnosis of colorectal mucosal lesions: a pilot study // *Endoscopy*. 2004; 36: 1094-1098.
6. Sano Y., Horimatsu T., Fu Ki et al. Magnified observation of microvascular architecture of colorectal lesions using NBI for the differential diagnosis between non-neoplastic and neoplastic colorectal lesion: a prospective study // *Gastrointest. Endoscop.* 2006; 63: AB102.
7. Endoscopic prediction of deep submucosal invasive carcinoma: validation of the Narrow-Band Imaging International Colorectal Endoscopic (NICE) classification. Department of Endoscopy, Hiroshima University Hospital, Hiroshima, Japan 2013 Jul 30. pii: S0016-5107(13)01853-1. doi: 10.1016/j.gie.2013.04.185.
8. Герасимов А.Н. Медицинская статистика. М. МИА. 2007. 480 с.  
[Gerasimov A.N. Medical statistics. М. МИА. 2007. 480 p.]