## УДК 629.73.02; 629.73.05/.06 ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ И СИСТЕМАХ ИНДИКАЦИИ НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПИЛОТИРУЕМЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

М.О. Костишин<sup>а, b</sup>, И.О. Жаринов<sup>а, b</sup>, О.О. Жаринов<sup>с</sup>, В.А. Нечаев<sup>а, b</sup>, В.Д. Суслов<sup>а, b</sup>

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, job.max@me.com

<sup>b</sup>ФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова», Санкт-Петербург, Россия, postmaster@elvat.spb.ru

<sup>с</sup> Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия, zharinov73@hotbox.ru

Авторами рассматривается проблема оценки точности отображения местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации навигационных комплексов пилотируемых летательных аппаратов. Рассматриваются особенности применения различных типов жидкокристаллических экранов с разным числом пикселей по вертикали и горизонтали при отображении геоинформационных данных в различных масштабах. Отображение оценок значений навигационных параметров на борту летательного аппарата осуществляется двумя способами: непосредственно на экране многофункционального цветного индикатора отображается числовое значение параметра; на экране формируется силуэт объекта на фоне подложки, в качестве которой используется графическое изображение карты местности в зоне полета. Авторами рассмотрены различные масштабы отображения цифровой карты местности, используемые в настоящее время в авиационной промышленности. Приведены результаты расчета цены деления одного пикселя в зависимости от технических характеристик жидкокристаллического экрана и масштаба отображения карты местности на многофункциональном цифровом индикаторе. Приводятся результаты экспериментальных расчетов оценки точности отображения на местности положения летательного аппарата по данным от спутниковой навигационной системы и инерциальной навигационной системы, полученным в ходе выполнения программы полетов реального объекта. На основе произведенных расчетов построено семейство графиков ошибки точности отображения положения опорной точки объекта при использовании бортовых индикаторов с жидкокристаллическим экраном и различным разрешением экрана (в дюймах) (6"×8", 7,2"×9,6", 9"×12") для двух масштабов (1:0,25 км, 1:2 км) отображения карты. Приведенные семейства графиков зависимостей могут быть использованы как для оценки величины ошибки отображения положения объекта на местности в существующих навигационных системах, так и для расчета величины ошибки при модернизации объектов.

Ключевые слова: геоинформационные данные, отображение информации, цифровая карта местности.

## ACCURACY EVALUATION OF THE OBJECT LOCATION VISUALIZATION FOR GEO-INFORMATION AND DISPLAY SYSTEMS OF MANNED AIRCRAFTS NAVI-GATION COMPLEXES

## M. Kostishin<sup>d, e</sup>, I. Zharinov<sup>d, e</sup>, O. Zharinov<sup>f</sup>, V. Nechaev<sup>d, e</sup>, V. Suslov<sup>d, e</sup>

<sup>d</sup> Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, job.max@me.com

<sup>e</sup> Saint Petersburg Scientific Design Bureau "Electroavtomatica" n.a. P. A. Efimov, Saint Petersburg, Russia, postmaster@elvat.spb.ru

<sup>f</sup> Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russia, zharinov73@hotbox.ru

The paper deals with the issue of accuracy estimating for the object location display in the geographic information systems and display systems of manned aircrafts navigation complexes. Application features of liquid crystal screens with a different number of vertical and horizontal pixels are considered at displaying of geographic information data on different scales. Estimation display of navigation parameters values on board the aircraft is done in two ways: a numeric value is directly displayed on the screen of multi-color indicator, and a silhouette of the object is formed on the screen on a substrate background, which is a graphical representation of area map in the flight zone. Various scales of area digital map display currently used in the aviation industry have been considered. Calculation results of one pixel scale interval, depending on the specifications of liquid crystal screen and zoom of the map display area on the multifunction digital display, are given. The paper contains experimental results of the accuracy evaluation for area position display of the aircraft based on the data from the satellite navigation system and inertial navigation system, obtained during the flight program run of the real object. On the basis of these calculations a family of graphs was created for precision error display of the object reference point position using the onboard indicators with liquid crystal screen with different screen resolutions (6 "×8", 7.2 "×9.6", 9"×12") for two map display scales (1:0, 25 km, 1-2 km). These dependency graphs can be used both to assess the error value of object area position display in existing navigation systems and to calculate the error value in upgrading facilities.

Keywords: geographic information data, information display, digital area map.

### Введение

В процессе полета летательного аппарата (ЛА) в бортовом навигационном комплексе производится оценивание значений пилотажно-навигационных параметров – широты и долготы позиционирования объекта в заданной системе координат, скорости самолета, относительного и барометрического давлений и др. Для информирования экипажа о местонахождении ЛА значения оценок ряда навигационных параметров отображаются на бортовых средствах индикации. Основным элементом индикации современных навигационных комплексов являются бортовые индикаторы класса МФЦИ (многофункциональные цветные индикаторы), выполненные на базе плоских жидкокристаллических (ЖК) панелей [1, 2].

Отображение оценок значений навигационных параметров на борту ЛА может осуществляться двумя способами:

- непосредственно на экране МФЦИ индицируется числовое значение параметра;
- мнемонически на экране МФЦИ отображается силуэт объекта на фоне подложки, в качестве которой используется графическое изображение карты местности в зоне полетов (в проекциях «вид с земли на самолет» или «вид с самолета на землю»).

Непосредственный способ индикации значений оценок навигационных параметров прост в использовании экипажем, однако требует от штурмана выполнения дополнительных операций позиционирования ЛА на местности. Мнемонический способ отображения более нагляден для экипажа, так как в совмещенном режиме одновременно отображаются и карта местности, и местоположение объекта, однако он менее точен и используется сегодня для геоинформационной поддержки и повышения ситуационной осведомленности экипажа о географическом рельефе местности в зоне полетов.

Целью настоящей работы является представление широкому кругу читателей результатов научных исследований авторского коллектива в области получения оценок точности отображения местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации современных навигационных комплексов пилотируемых ЛА для мнемонического способа.

# Индикация геоинформационных данных на борту ЛА. Погрешность отображения навигационных параметров

Как было показано авторами ранее [3–9], синтез и отображение геоинформационных данных на экране МФЦИ, имеющем дискретную (пиксельную) структуру экрана, осуществляется в совмещенном режиме. Совмещенный режим (рис. 1, а) предполагает одновременное отображение на одном средстве индикации навигационной информации и картографической информации, представляющей собой цифровой массив карты местности в зоне полетов ЛА.



Рис. 1. Режим совмещения навигационной и картографической информации: режим отображения совмещенной навигационной информации и картографической информации (а); различия в оценке истинной, измеренной и отображаемой точек привязки положения летательного аппарата на местности в зоне полетов (б)

Для совмещения двух видов разнородных изображений используется опорная точка, в качестве которой могут выступать точка начала системы координат ЖК-панели, а также географические координаты широты и долготы объекта, измеряемые (оцениваемые) в процессе полета. При этом принято различать (рис. 1, б) истинное положение ЛА в географических координатах, оцениваемое положение ЛА в географических координатах и отображаемое положение ЛА в географических координатах. Истинное положение ЛА определяется проекцией центра масс объекта на физическую карту местности. Оцениваемое положение ЛА определяется проекцией оцененных значений широты и долготы положения ЛА на карту местности с учетом существующих погрешностей измерений и программно-алгоритмической обработки. Отображаемое положение ЛА определяется проекцией опорной точки мнемонического силуэта объекта на индицируемую карту местности. При отсутствии систематических погрешностей отображаемое и оцениваемое положения ЛА на экране МФЦИ совпадают.

В зависимости от масштаба отображения цифровой карты местности и типа применяемого в системе индикации навигационного комплекса ЖК-экрана, размера сторон ЖК-матрицы и числа пикселей экрана по вертикали и по горизонтали матрицы цена деления одного пикселя будет различной.

В настоящее время в авиационной промышленности получили широкое распространение следующие масштабы отображения цифровой карты местности [10]: 1:0,25 км; 1:2 км; 1:5 км; 1:10 км; 1:15 км. Применяемые сейчас на борту ЖК-экраны имеют размеры сторон (в дюймах):  $5'' \times 5''$ ;  $6'' \times 6''$ ;  $6'' \times 8''$ ; 7,2'' × 9,6'';  $9'' \times 12''$  со следующим числом пикселей по сторонам матрицы: 480×480; 640×480; 768×576; 800×600; 768×768; 1024×768; 1400×1050; 1600×1200.

Масштаб, ед.:км	Число пикселей по вертикали и горизонтали	Размер экрана (длина, ширина), дюйм				
		5×5	6×6	8×6	9,6×7,2	12×9
		Цена деления одного пикселя ЖК-панели, м				
1:0,25	480×480	6,6	7,9	_	_	_
	640×480	_	-	7,9	9,5	11,9
	768×576	_	_	6,6	7,9	9,9
	800×600	_	-	6,4	7,6	9,5
	768×768	_	4,9	_	_	_
	1024×768	_	_	4,9	6,0	7,4
	1400×1050	_	_	3,6	4,4	5,4
	1600×1200	_	_	3,2	3,8	4,8
1:2	480×480	20,8	63,5	_	-	_
	640×480	_	_	63,5	76,2	95,3
	768×576	_	_	52,9	63,5	79,4
	800×600	_	_	50,8	61,0	76,2
	768×768	_	39,4	_	_	_
	1024×768	_	_	39,4	47,6	59,5
	1400×1050	_	_	29,0	34,8	43,5
	1600×1200	_	_	25,4	30,5	38,1
1:5	480×480	132,3	158,6	_	-	_
	640×480	_	_	158,6	190,5	238,1
	768×576	_	_	132,3	158,8	198,4
	800×600	-	-	127,0	152,4	190,5
	768×768	_	98,6	_	_	_
	1024×768	_	_	98,6	119,1	148,8
	1400×1050	_	_	72,6	87,1	108,9
	1600×1200	_	_	63,5	76,2	95,3

Таблица. Цена деления одного пикселя ЖК-экрана индикатора МФЦИ при отображении на борту ЛА цифровой карты местности

В таблице представлены результаты расчета цены деления одного пикселя (в метрах) в зависимости от технических характеристик ЖК-экрана и масштаба отображения на МФЦИ цифровой карты местности. Нетрудно видеть, что минимальное значение цены деления пикселя составит 3,2 м и достигается в комбинации: экран 6"×8" с числом пикселей по сторонам 1600×1200 и масштаб отображения 1:0,25 км. Аналогично, максимальная цена деления пикселя составит 238,1 м и достигается в комбинации: экран 9"×12" с числом пикселей по сторонам 640×480 и масштаб отображения 1:5 км. Расчет цены деления одного пикселя ЖК-панели производился по формуле

$$m = \frac{M \cdot L}{l \cdot c},$$

где m – цена деления одного пикселя ЖК-панели, м; M – масштаб отображаемой карты местности, м; L – сторона ЖК-матрицы, м; l – число пикселей в стороне L ЖК-матрицы; c = 0,01 – размерный коэффициент, м. Прочерки в таблице соответствуют неиспользуемой комбинации параметров.

### Оценка погрешности отображения положения ЛА на местности

Для оценки погрешности отображения положения ЛА на местности использовались результаты измерений оценочных значений навигационных параметров, зарегистрированные при выполнении программы полетов пилотируемого ЛА [11]. Результаты измерений для широты и долготы положения ЛА, полученные в процессе 3 ч 20 мин полета от спутниковой навигационной системы (СНС) и от инерциальной навигационной системы (ИНС), представлены на рис. 2, а, и рис. 2, б, соответственно.

Расчет значений широты и долготы полета в таблице произведен по формулам

 $\lambda^* = 111, 12\lambda \cos \phi, \quad \phi^* = 111, 12\phi,$ 

где φ – географическая широта в градусах; λ – географическая долгота в градусах; φ\* – географическая широта в километрах; λ\* – географическая долгота в километрах. В предположении, что «истинное» значение местоположения ЛА может с определенной погрешностью оцениваться по результатам измерений СНС, на рис. 2 штриховкой залита область разности результатов оценки значений географической широты и долготы для результатов измерений СНС и ИНС.

Анализ рис. 2 показывает, что в течение 3 ч 20 мин полета максимальное значение разности измерений между СНС и ИНС составило 612 м для широты и 22 км для долготы. При этом существенный рост разницы в результатах измерений СНС и ИНС начинается примерно с 45 мин полета (момент  $t_0$  на графиках рис. 2), что объясняется собственной погрешностью ИНС в процессе инерциального счисления координат местоположения ЛА.



Рис. 2. Результаты измерения (оценки) навигационных параметров для широты (а) и долготы местоположения ЛА в процессе выполнения программы полетов (б), г. Жуковский, 2013 г.

На рис. 3 приведены результаты экспериментальных расчетов оценки точности  $\Delta$  (в пикселях) отображения «измеренного» значения навигационных параметров по СНС,  $\phi^*_{chc}$ , по отношению к значениям, оцененным навигационным комплексом по ИНС,  $\phi^*_{uhc}$  [12–15]:  $\Delta^* \phi = \phi^*_{chc} - \phi^*_{uhc}$ . Следует заметить, что использование режима СНС на борту ЛА осложняется условиями эксплуатации объекта и не всегда возможно, в связи с чем семейство зависимостей на рис. 3 следует рассматривать как характеристики ошибки визуализации местоположения ЛА на карте местности, возникающие в режиме чистого счисления пути, начиная с момента времени  $t_0$  [16, 17].

#### Заключение

В результате проведенного исследования и натурных экспериментов была совершена серия полетов пилотируемого летательного аппарата с использованием спутниковой навигационной системы и инерциальной навигационной системы. В качестве инерциальной навигационной системы использовалась лазерная инерциальная навигационная система ИНС-2000. Как следует из рис. 2, примерно через 45–50 мин полета ошибка измерения широты и долготы полета летательного аппарата начинает монотонно возрастать из-за влияния собственной погрешности инерциальной системы, вследствие чего опорная точка совмещения навигационных и геоинформационных данных смещается. Семейство зависимостей, приведенное на рис. 3, иллюстрирует разницу (в пикселях) между отображаемой и измеренной опорными точками объекта на цифровой карте местности для многофункциональных цветных индикаторов с различными техническими характеристиками. Величина ошибки позиционирования объекта на карте местности, накопленная за 2,5 ч полета, варьируется от 16 до 190 пикселей жидкокристаллического экрана. Точные значения величины ошибки могут быть оценены по данным, представленным в таблице.



Рис. 3. Семейство зависимостей ошибки визуализации местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации навигационных комплексов при оценке широты полета для бортовых индикаторов МФЦИ со следующими характеристиками: размер экрана 6"×8", масштаб 1:0,25 км (а); размер экрана 6"×8", масштаб 1:2 км (б); размер экрана 7,2"×9,6", масштаб 1:0,25 км (в); размер экрана 7,2"×9,6", масштаб 1:2 км (г); размер экрана 9"×12", масштаб 1:0,25 км (д); размер экрана 9"×12", масштаб 1:2 км (е)

Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics 2014, №1 (89)

Приведенные на рис. 3 семейства зависимостей могут быть использованы как для оценки величины ошибки отображения местоположения объекта на местности в существующих навигационных системах, так и для учета величины будущей ошибки при модернизации объектов с использованием инерциальных навигационных систем других типов:

- при замене многофункциональных индикаторов на индикаторы с более совершенными характеристиками жидкокристаллических матриц;
- при загрузке в бортовую систему картографической информации геоинформационных данных в других масштабах;
- при разработке системы индикации и навигационных подсистем на различных проектных предприятиях и при использовании более совершенных инерциальных навигационных систем [18].

#### Литература

- 1. Жаринов И.О., Жаринов О.О. Бортовые средства отображения информации на плоских жидкокристаллических панелях: Учеб. пособие. СПб: ГУАП, 2005. 144 с.
- Копорский Н.С., Видин Б.В., Жаринов И.О. Бортовые средства отображения информации современных пилотируемых летательных аппаратов // Современные технологии: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, В.Л. Ткалич. СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. С. 154–165.
- 3. Парамонов П.П., Ильченко Ю.А., Жаринов И.О. Теория и практика статистического анализа картографических изображений в системах навигации пилотируемых летательных аппаратов // Датчики и системы. 2001. № 8. С. 15–19.
- 4. Парамонов П.П., Ильченко Ю.А., Жаринов И.О., Тарасов П.Ю. Структурный анализ и синтез графических изображений на экранах современных средств бортовой индикации на плоских жидкокристаллических панелях // Авиакосмическое приборостроение. 2004. № 5. С. 50–57.
- Копорский Н.С., Видин Б.В., Жаринов И.О. Система бортовой картографической информации пилотируемых летательных аппаратов. Основные принципы построения // Сборник трудов 10-й Международной конференции «Теория и технология программирования и защиты информации». СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. С. 18–23.
- 6. Парамонов П.П., Коновалов П.В., Жаринов И.О., Кирсанова Ю.А., Уткин С.Б. Реализация структуры данных, используемых при формировании индикационного кадра в бортовых системах картографической информации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2 (84). С. 165–167.
- 7. Парамонов П.П., Костишин М.О., Жаринов И.О., Нечаев В.А., Сударчиков С.А. Принцип формирования и отображения массива геоинформационных данных на экран средств бортовой индикации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 6 (88). С. 136– 142.
- Жаринов И.О., Коновалов П.В. Классификация структуры данных, используемых при отображении геоинформационных ресурсов в бортовых системах картографической информации // Сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов научно-педагогической школы кафедры ПБКС «Информационная безопасность, проектирование и технология элементов и узлов компьютерных систем» / Под ред. Ю.А. Гатчина. СПб: НИУ ИТМО, 2013. Ч. 1. С. 118–121.
- 9. Жаринов И.О., Емец Р.Б. Индикационное оборудование в авиации XXI века // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2003. № 5 (11). С. 193–195.
- 10. Парамонов П.П., Копорский Н.С., Видин Б.В., Жаринов И.О. Многофункциональные индикаторы на плоских жидкокристаллических панелях: наукоемкие аппаратно-программные решения // Научнотехнический вестник СПбГУ ИТМО. 2004. № 3 (14). С. 238–245.
- 11. Суслов В.Д., Шек-Иовсепенц Р.А., Видин Б.В., Жаринов И.О., Немолочнов О.Ф. К вопросу об унификации бортовых алгоритмов комплексной обработки информации // Изв. вузов. Приборостроение. 2006. Т. 49. № 6. С. 39–40.
- 12. Жаринов И.О. Системный подход при проектировании комплексов бортового радиоэлектронного оборудования // Научная сессия ГУАП: Сборник докладов. СПб: ГУАП, 2006. Ч. 2. С. 68–74.
- Парамонов П.П., Видин Б.В., Есин Ю.Ф., Жаринов И.О., Колесников Ю.Л., Кофман М.М., Сабо Ю.И., Шек-Иовсепенц Р.А. Теория и практика системного проектирования авионики. Тула: Гриф и К<sup>о</sup>, 2010. 265 с.
- 14. Жаринов И.О., Жаринов О.О. Бортовые системы картографической информации. Принципы построения геоинформационных ресурсов: Учеб. пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. 48 с.
- Kostishin M.O., Zharinov I.O. Precision characteristics of the positioning of objects in aircraft geoinformation systems // Automation & Control: Proc. of the International Conference of Young Scientists «ISCAC-2013». St. Petersburg: National Research University St. Petersburg State Polytechnical University, 2013. P. 92–96.

- Swail C., Jennings S. Enhanced and synthetic vision system concept for application to search and rescue missions // Symposium on «Sensor Data Fusion and Integration of the Human Element». Ottawa, 1998. P. 15-1–15-6.
- Young S., Kakarlapudi S., Uijt de Haag M. A Shadow detection and extraction algorithm using digital elevation models and X-Band weather radar measurements // International Journal of Remote Sensing. 2005. V. 26. N 8. P. 1531–1549.
- 18. Honeywell's primus epic integrated avionics system provides advanced flight deck functionality. SmartView synthetic vision system [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.honeywellbusinessaviation.com/primus\_epic/performance/smartview, свободный. Яз. англ. (дата обращения 28.11.2013).

Костишин Максим Олегович Жаринов Игорь Олегович	_	аспирант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский универ- ситет информационных технологий, механики и оптики; инженер, ФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова», Санкт-Петербург, Россия, job.max@me.com доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой, Санкт-Петербургский на- циональный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; руководитель учебно-научного центра, ФГУП «Санкт- Петербургское ОКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова», Санкт- Петербургское оКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова», Санкт-
Жаринов Олег Олегович	-	петероург, Россия, igor_rabota@pisem.net кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия, zharinov73@hotbox.ru
Нечаев Владимир Анатольевич Суслов Владимир Дмитриевич	_	доцент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский универси- тет информационных технологий, механики и оптики; руководитель научно- исследовательского центра, ФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроав- томатика» имени П.А. Ефимова», Санкт-Петербург, Россия, nil-12@mail.ru доцент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский универси- тет информационных технологий механики и оптики: руководитель экс-
		пертного совета, ФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова», Санкт-Петербург, Россия, postmaster@elavt.spb.ru
Maxım Kostishin	_	postgraduate, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics; engineer, Saint Petersburg Scientific De- sign Bureau "Electroavtomatica" n.a. P. A. Efimov, Saint Petersburg, Russia, job.max@me.com
Igor Zharinov	_	D.Sc., Associate professor, Department head, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics; Head of learning scientific center, Saint Petersburg Scientific Design Bureau "Electroavtomatica" n.a. P.A. Efimoy, Saint Petersburg, Russia, igor, rabota@pisem.net
Oleg Zharinov	-	PhD, Associate professor, Saint Petersburg State University of Aerospace Instru- mentation, Saint Petersburg, Russia, zharinov73@hotbox.ru
Vladimir Nechaev	_	Associate professor, Saint Petersburg National Research University of Infor- mation Technologies, Mechanics and Optics; Head of scientific research center, Saint Petersburg Scientific Design Bureau "Electroavtomatica" n.a. P. A. Efimov Saint Petersburg, Russia, nil-12@mail.ru
Vladimir Suslov	_	Associate professor, Saint Petersburg National Research University of Infor- mation Technologies, Mechanics and Optics; Head of expert council, Saint Pe- tersburg Scientific Design Bureau "Electroavtomatica" n.a. P. A. Efimov, Saint Petersburg, Russia, postmaster@elavt.spb.ru

## УДК 007.51 ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БАКТЕРИЙ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

## А.П. Саенко<sup>а</sup>, В.М. Мусалимов<sup>а</sup>, Ш. Лерм<sup>b</sup>, Г. Линц<sup>b</sup>

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, musvm@yandex.ru

<sup>b</sup>Технический университет Ильменау, Ильменау, Германия, steffen.lerm@tu-ilmenau.de

Рассматривается один из способов решения актуальной проблемы обеспечения контроля качества продуктов питания с использованием методов машинного обучения. Существующие в настоящее время методы анализа требуют специального лабораторного оборудования, значительного времени и сильно зависят от квалификации и некоторых физиологических особенностей эксперта, в то время как предлагаемый метод позволяет существенно снизить затраты за счет автоматизации процесса. Рассмотрено устройство, реализующее данный метод, принцип действия которого основан на флуоресцентной микроскопии. Для набора обучающих данных решена задача классификации объектов на