

tral distribution of the radiation power. The safe implementation of the energy-saving light sources is provided on this work, and it is an important part of ensuring the uniformity of measurements of light sources with a Facility spectral distribution of the radiation power. The patents for a utility model of the created Facility and a hemispherical radiation source are received.

1. ТКП 45-2.04-153-2009 (02250) Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования.
2. ГОСТ ИСО 8995-2002. Освещение рабочих систем внутри помещений.
3. ГОСТ 32.120-98. Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта.

УДК 535.65.5+535.36

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ВИНОГРАДА С ПОМОЩЬЮ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СПЕКТРОВ ПРОПУСКАНИЯ

Ходасевич М.А.<sup>1</sup>, Скорбанова Е.А.<sup>2</sup>, Роговая М.В.<sup>1</sup>, Минко И.С.<sup>1</sup>, Камбур Е.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Научно-практический институт плодоводства, виноградарства и пищевых технологий  
Кишинев, Республика Молдова

В странах, являющихся лидерами производства высококачественного вина в Европе (Италия, Испания, Португалия, Германия и в последнее время Россия), большое внимание уделяется совершенствованию методов контроля качества продукции из винограда. В этой связи объективная оценка возраста выдержки вина и виноматериалов [1], идентификация производителя [2] и географического происхождения напитка [3] являются актуальной проблемой.

В основе классификации виноградных вин в странах ЕС лежит региональное происхождение и качество. Молдавское виноделие также продвигается к производству вин, бренди, дивинов (коньяков) и других напитков с географическим указанием и наименованием по месту происхождения.

Установление региональной принадлежности вин и других винодельческих продуктов при их ассортиментной идентификации – достаточно сложная задача. Для ее решения применяют различные методы. Один из них основан на исследовании большого массива данных (переменных) об объектах хемометрическими методами, позволяющими найти скрытые взаимосвязи между этими переменными и правильно определить вклад каждой из них в статистическую модель, целью построения которой является решение идентификационной и/или классификационной задач. Чаще всего в этих случаях применяются метод главных компонент (МГК

4. Скумс Д.В., Тарасова О.Б., Липлянин А.А., Никоненко С.В.. Измерение освещённости, создаваемой светодиодами и источниками на их основе. Сборник трудов научно-технической конференции “Метрология и измерительная техника”. Харьков 09-11 октября 2012 г.
5. Scums D.V., Nikanenka S.V., Danilchuk A.V., Zhdanovskii V.A., Kreidzich A.V., Lutsenko E.V. New type of source for luxmeters calibration. CIE 216:2015. Proceedings of the 28th Session of the CIE. – Manchester, United Kingdom. – 28 June – 4 July 2015.

[4]), дискриминантный анализ (ДА [5]), искусственные нейронные сети (ИНС [6]), метод формального независимого моделирования аналогов классов (SIMCA [7]), кластерный анализ (КА [8]) и др.

В нашей работе исследована выборка молдавских дивинов (коньяков), содержащая 24 образца от двух географически различающихся производителей. Спектры пропускания дивинов были зарегистрированы с помощью запитываемого от USB-порта компьютера портативного спектрометра OceanOptics USB-650 VIS-NIR (см. рис. 1) (диапазон длин волн от 350 до 1000 нм, детектор с 650 активными элементами (650 значений на один полный спектр, или 1 значение на 1 нанометр), входная щель шириной 25 мкм обеспечивает оптическое разрешение около 2 нм).



Рисунок 1 – Спектрометр OceanOptics USB-650

Таким образом, каждому исследованному образцу дивиново соответствует 650 спектральных отсчетов, а весь массив данных для хемометрической обработки представляет собой матрицу 24x651. Далее к центрированным данным (в массиве вычтено среднее значение по каждому столбцу, так как в методе отсутствует нулевая главная компонента (ГК)) применена декомпозиция МГК.

Общая объясненная дисперсия тремя ГК составляет 98,5%. На графике счетов в пространстве первой и второй ГК были выявлены по два выброса для обоих производителей и два вероятных выброса. При этом третья ГК практически не играет роли в определении выбросов в рассмотренной выборке дивиново. Анализ нагрузок показал необходимость уменьшения ширины спектра. Вместо доступного для OceanOptics USB-650 VIS-NIR диапазона длин волн от 350 до 1000 нм был использован диапазон 390-940 нм, что позволило существенно уменьшить шумы в модели. Оставшиеся после удаления выбросов 18 образцов были исследованы повторно с помощью МГК по суженному спектральному диапазону. Массив данных уменьшился до 18x551. Общая объясненная дисперсия двумя ГК составляет 96,7%. Для проведения классификации по географическому происхождению образцы дивиново приведены на графике счетов в пространстве первой и второй ГК (рисунок 2).

Кресты и круги обозначают на рисунке дивиново разных производителей. Отчетливо видна кластеризация образцов по признаку географического происхождения. На рисунке представлена также линейная функциональная зависимость границы в двумерном пространстве ГК, разделяющей образцы двух производителей.

Еще одним важным элементом МГК является анализ спектров нагрузок в ГК, показывающих положение участков спектра, которые имеют наибольшее влияние на качество декомпозиции многомерных данных в пространство малой размерности (см. рисунки 3 и 4).

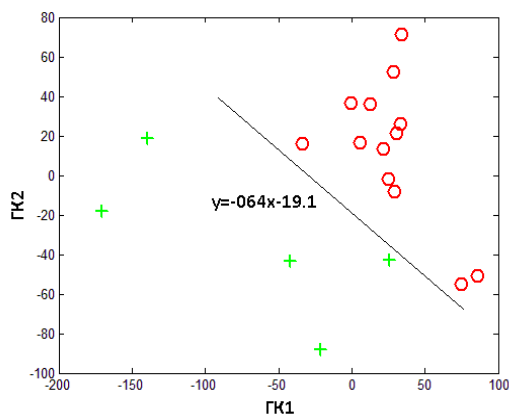


Рисунок 2 – График счетов в первую и вторую ГК

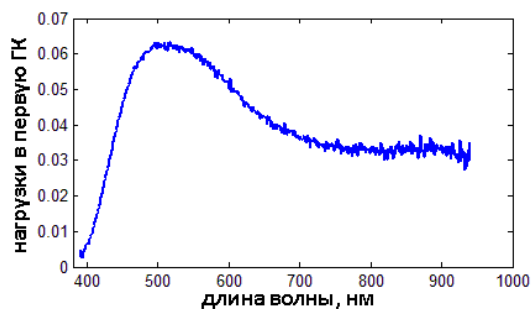


Рисунок 3 – Спектр нагрузок в первую ГК

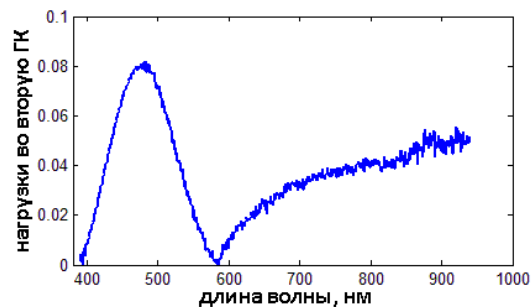


Рисунок 4 – Спектр нагрузок во вторую ГК

Видно, что максимум нагрузок в ГК1 лежит на длине волны 520 нм, а в ГК2 – 480 нм, а провал до нуля наблюдается в области 580 нм.

Следует отметить, что для определения цветовых характеристик вин и винных дистиллятов традиционно применяются оптические плотности на длинах волн 420 нм и 520 нм [10]. Таким образом, наши исследования показали, что в объяснение дисперсии в матрице исходных спектроскопических данных максимальный вклад вносят измерения на длине волны 520 нм. Однако применение одного или даже нескольких спектральных отсчетов способно учесть лишь малую долю информации, содержащейся в широкополосных спектрах пропускания исследуемых образцов продукции из винограда. Для наиболее точной объективной оценки возраста выдержки образцов, идентификации их производителя и географического происхождения напитка необходимо применение многопараметрических методов анализа информации.

1. Screening method for identification of adulterate and fake tequilas by using UV-VIS spectroscopy and chemometrics / U. Contreras [et al] // Food Research International. – 2010. – V. 43. – P. 2356-2362.
2. Borba F. Use of Raman spectroscopy and chemometrics to distinguish blue ballpoint pen inks / F. Borba, R. Honorato, A. Juan // Forensic Science International. – 2015. – V. 249. – P. 73-82.
3. Preliminary study on the application of visible-near infrared spectroscopy and chemometrics to

- classify Riesling wines from different countries / L. Liu // Food Chemistry. – 2008. – V. 106. – P. 781-786.
4. Wold S. Principal component analysis Chemom / S. Wold, K. Esbensen., P. Geladi // Intell. Lab. Syst., 1987. – V. 2. – P. 37-52.
  5. Indahl U. Multivariate strategies for classification based on NIR-spectra—with application to mayonnaise Chemom / U. Indahl // Intell. Lab. Syst. – 1999. – V. 49. – P. 19-31.
  6. Zupan J. Neural networks: A new method for solving chemical problems or just a passing phase / J. Zupan, J. Gasteiger // Analytica Chimica Acta. – 1991. – V. 248. – P. 1-30.
  7. Wold S. Pattern recognition by means of disjoint principal components models / S. Wold // Pattern Recognition – 1976. – V. 8. – P. 127-139.
  8. McElhinney J. Chemometric processing of visible and near infrared reflectance spectra for species identification in selected raw homogenized meats / J. McElhinney, G. Downey, N. J. Fearn // Near Infrared Spectrosc. – 1999. – V. 7. – P. 145-154.
  9. Rogovaya M. V., A Principal Component Analysis of Transmission Spectra of Wine Distillates / M. V. Rogovaya, G. V. Sinitsyn, and M. A. Khodasevich // Optics and Spectroscopy. – 2014. – V. 117, № 5. – P. 839-843.
  10. Егоров И. А. Химия и биохимия коньячного производства / И. А. Егоров и А. К. Родопуло. – М.: Агропромиздат. – 1988. – 190 с.

УДК 531.743

## КОМПЛЕКС ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ПРОСТРАНСТВЕННО-УГЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ

Цикман И.М., Беляев Ю.В., Попков А.П.

*Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ  
Минск, Республика Беларусь*

Отдел аэрокосмических исследований НИИ-ПФП в течении ряда лет ведет работу по созданию научной аппаратуры (НА) оптического дистанционного зондирования Земли, в том числе компактных видео-, фото- и спектральных систем, способных вести съемку с борта космических носителей. В настоящее время отдельные приборы используются на борту международной космической станции (МКС) [1, 2].

При регистрации спектральной и оптической информации НА необходима точная привязка к местности, для чего важно знать положение оптической оси прибора в момент съемки с высокой точностью. С этой целью были разработаны системы наведения (СН). СН предназначены для установки различной НА, наведения НА и съемки по заданной программе оператором или без участия оператора на иллюминаторах многоцелевого лабораторного модуля МКС.

НА закрепляется на поворотном фланце СН таким образом, что оптическая ось НА перпендикулярна установочной плоскости. СН обеспечивает наклон прибора, а значит, и его оптической оси в двух взаимно перпендикулярных плоскостях с углом прокатки  $\pm 30^\circ$ . Наклон (поворот) прибора контролируется угловыми датчиками СН. С течением времени для более корректной съемки объектов были разработаны несколько вариантов СН. [3]

Зная координаты и ориентацию положения МКС и точные угловые координаты положения оптического прибора относительно СН, можно осуществить пространственную привязку реги-

стрируемых данных. Так, например, при высоте полета носителя порядка 500 км привязка на поверхности Земли с точностью  $\pm 100$  м требует точности калибровки угловых датчиков в 30 угловых секунд.

Для калибровки пространственно-угловых положений установочной плоскости СН создается комплекс «Вектор».

Комплекс выполняется по блочному принципу в виде стенда. Собирается комплекс на оптическом столе и состоит из блоков автоколлиматора, поворотного зеркала и механического адаптера.

Требуемая высокая точность калибровки СН (менее 10") выдвигает высокие требования как к метрологическим характеристикам используемого оборудования, так и точной ориентации всех элементов комплекса относительно друг друга.

Блок автоколлиматора включает цифровой автоколлиматор АК-1Ц (далее – АК), компьютер со специальным программным обеспечением, установочную платформу, линейный транслятор. АК размещается на установочной платформе и закрепляется на линейном трансляторе фирмы Standa. Платформа служит для точной установки визирной оси АК в горизонтальной плоскости. Линейный транслятор используется при калибровке крайних положений поворотного фланца СН для перемещения АК в направлении, перпендикулярном оси визирования АК. Погрешность определения АК угловой величины составляет 1".

Блок поворотного зеркала состоит из мотори-