

Теперь можно приступить к новому анализу с другими параметрами, сделать более глубокий анализ проблемных фотографий или запрос на повторное фотографирование участка, для чего перейти на вкладку «Управление БПЛА». Характер настроек и метод управления зависят от конкретного БПЛА, в этой вкладке реализованы средства настройки подсистемы в соответствии с требованиями конкретного аппарата и его функций.

**Заключение.** Разработаны структура и алгоритм работы мобильного приложения системы распознавания сельскохозяйственной растительности, что позволило решить задачу экспресс-анализа сельскохозяйственной растительности без задействования мощностей стационарного сервера и производить экспресс-анализ растительности непосредственно возле исследуемого участка, существенно ускоряя работу эксперта. Цифровые фотографии попадают в систему сразу после окончания процесса съемки, без их длительной транспортировки на сервер. В процессе обработки эксперт формирует выборки необходимых для дальнейшей обработки фотографий, что, в свою очередь, уменьшает количество данных, поступающих на сервер.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ganchenko, V. Development of the hardware and software complex for fertilizer application on agricultural fields / V. Ganchenko, A. Doudkin, A. Petrovsky, T. Pawlowski // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2014. – Vol. 59(1). – P. 34–39.
2. Беляев, Б.И. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский – Минск: БГУ, 2006. – 455 с.
3. Chao, K. Machine vision technology for agricultural applications / K. Chao, Y.R. Chen, M.S. Kim // Elsevier science transactions on computers and electronics in agriculture. – 2002. – Vol. 36. – P. 173–191.
4. Haralick, R.M. Textural Features for Image Classification / R.M. Haralick, K. Shanmugam, I. Dinstein // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1973. – No.6. – P. 610–621.
5. Foley, J.D. Computer Graphics: Principles and Practice / J.D. Foley. – Addison-Wesley Publishing Company, 1996. – 1175 p.
6. Richards, J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction / J. Xiuping – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 431 p.

Материал поступил в редакцию 25.11.15

#### DOUDKIN A.A. Based of image processing algorithm for express analysis of agricultural vegetation state

The work is devoted to development of structure of a mobile application and an algorithm for analyzing of agricultural vegetation on aerial photographs. They are necessary for monitoring of vegetation state in solving precision farming problems. The mobile platform allows to speed up decision-making due to earlier image processing and analysis performed at the stage of data acquisition and to reduce the amount of data sent to the server for processing.

УДК 004.85: 004.416.3

Масловский С.Н.

## АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

**Введение.** С момента начала использования компьютерных технологий в учебном процессе, особое внимание уделяется компьютеризированному контролю знаний. Тестирование – быстрый и эффективный способ контроля и оценки знаний. На сегодняшний день все реже используются старые классические модели, которые не позволяют достаточно быстро и эффективно оценивать уровень знаний. В связи с этим разрабатываются и внедряются новые адаптивные модели, позволяющие более точно адаптироваться к способностям конкретного студента и максимально правильно оценить его уровень подготовки [1,2].

Следует отметить, что большинство существующих компьютеризированных адаптивных систем тестового контроля знаний [13, 14] используют только два критерия: сложность вопроса и вероятность правильного ответа. Лишь небольшое количество существующих систем использует временную характеристику ответа (Sands, Water's, & McBride, 1997 [3]; Gibbons et al., 2008 [4], Flaughers 2000, Wise and Kingsbury 2000[5] or Parshall, Spray, Kalohn, and Davey 2001 [6]), но эта характеристика представляет собой заданное постоянное значение. Это, на наш взгляд, снижает уровень адаптации, так как вес (сложность) вопроса и время необходимое для ответа должны быть рассмотрены в качестве индивидуальных показателей.

Определенный прогресс достигнут в предыдущей разработке системы "EduPro" для организации процесса адаптивного обучения [8, 9]. Вместе с тем, вес сложности тестовых заданий и необходимое время на ответ являются индивидуальными показателями, то есть нечеткими величинами. Поэтому спрогнозировать (выявить) прямую зависимость, в рамках отведенного времени для прохождения тестового контроля знаний, практически невозможно. Учитывая, что нейронная сеть, в отличие от традиционных математических методов и экспертных систем, способна решать задачи, в которых неизвестны закономерности развития ситуации и зависимости между

входными и выходными данными [10–12], целесообразно исследовать возможность её использования в данном случае. Более того, способность нейронных сетей переучиваться в реальном времени является их дополнительным преимуществом, особенно важным в адаптивных системах тестового контроля знаний, где статистика изменяется с течением времени [7]. С учётом изложенных соображений, автором предложен подход к развитию системы адаптивного обучения "EduPro" на основе применения нейронных сетей.

**1. Характеристические параметры информационной системы адаптивного тестового контроля знаний.** Модель тестирования базируется на основе пирамидального тестового контроля знаний. Дифференциация по уровням сложности вопросов происходит на основе системы принятия решений, в соответствии с предварительно полученными результатами ответов на вопросы тестового контроля знаний [8].

**Первым критерием** является правильность ответа, то есть, системой анализируется последний ответ студента на вопрос, если ответ является правильным – следующим отбирается вопрос сложности на уровень выше, если неправильный – на уровень ниже. Таким образом, мы получаем динамическую систему перевода между уровнями сложности тестовых заданий, что позволяет быстро достичь максимума, или минимума при достаточно малом количестве тестовых заданий.

**Вторым критерием** перевода между уровнями сложности является соотношение количества правильных и неправильных ответов к общему числу вопросов, на которые студент уже дал ответ, определенной весовой категории – фактически определяет вероятность ответа на вопрос этой весовой категории:

**Масловский Сергей Николаевич**, ведущий специалист отдела дистанционного обучения и мониторинга качества образования научно-учебного института последипломного образования и дистанционного обучения Прикарпатского национального университета имени Василя Стефаника.

Украина, 76018, г. Ивано-Франковск, ул. Шевченка, 57.

$$P_i = \frac{K_i}{N_i}, \quad (1)$$

где  $K_i$  – количество вопросов  $i$ -й весовой категории, ответы на которые были правильными,  $N_i$  – общее количество вопросов  $i$ -й весовой категории, на которые были получены ответы.

**Третьим критерием** перевода между уровнями сложности является временная составляющая. Системой фиксируется затраченное время на ответы, как правильные, так и неправильные с определенной весовой категории. Среднее значение затраченного времени для ответа на вопрос определенной весовой категории (сложности), умноженное на количество остающихся вопросов для прохождения теста (при условии, что большинство ответов являются правильными), характеризует уровень подготовки студента. Кроме того, это значение показывает, успеет студент с такой скоростью ответов на вопросы пройти (завершить) весь тест за отведенное ему время. Если студент не успевает пройти весь тест, то уровень сложности нужно уменьшать, то есть должно удовлетворяться условие [2]:

$$T_a \rightarrow 0, \quad (2)$$

где  $T_a$  остаток времени после прохождения всего тестового контроля знаний.

**2. Разработанная информационная адаптивная система тестового контроля знаний студентов на основе нейронной сети.** Система принятия решения по переводу между уровнями сложности тестовых заданий, фактически, сводится к задаче классификации тестовых заданий по уровню их сложности в соответствии с уровнем подготовки студента на основе трёх критериев, описанных выше.

Для решения поставленной задачи целесообразно использовать технологию однослойной нейронной сети, как наиболее простого и распространенного способа решения задач классификации [12].

Текущее состояние нейрона определяется как взвешенная сумма его входов:

$$S = \sum_{i=0}^n x_i w_i, \quad (3)$$

где  $n$  – количество входов нейрона,  $x_i$  – значения  $i$ -го входа нейрона,  $w_i$  – вес  $i$ -го синапса.

Выход нейрона

$$y = f(S), \quad (4)$$

где  $f$  – активационная функция, моделирующая нелинейную передаточную характеристику биологического нейрона. Чаще всего в качестве активационной функции используется сигмоид

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}. \quad (5)$$

Основное преимущество функции (5) в том, что она дифференцируется на всей оси абсцисс и имеет достаточно простую производную

$$f'(x) = \alpha f(x)(1 - f(x)). \quad (6)$$

Обладея четырьмя характеристическими параметрами: вес (правильность) ответа  $X_0$ , вероятность правильного ответа  $X_1$ , временной показатель  $X_2$  и вес сложности вопроса  $X_3$ , необходимо принять решение по переводу между уровнями сложности вопросов в виде: повысить  $S_0$ , оставить  $S_1$  или понизить  $S_2$  (рисунок 1).

**3. Экспериментальное исследование системы на примере одного студента.** Для начала обучения нейронной сети необходимо нормализовать входные данные: вес вопроса (от 0 до 100), вес (правильность) ответа (вес ответов колеблется в пределах от 0 до 100),

Таблица 2. Таблица нормализации

№	Вход	0	0,25	0,5	0,75	1
1	Вес вопроса (%)	<=20	(20;40]	(40;60]	(60;80]	>80
2	Вес ответа (%)	<=20	(20;40]	(40;60]	(60;80]	>80
3	Вероятность	<=0,2	(0,2;0,4]	(0,4;0,6]	(0,6;0,8]	>8
4	Время	<=-0,33	(-0,33;-0,66]	(-0,66;0,33]	(0,33;0,66]	>0,66

вероятность ответа (от 0 до 1) и временную характеристику (колебания от -1 до +1). С этой целью будем оперировать качественными показателями и соответствующими их значениями в диапазоне от 0 до 1 (таблица 1).

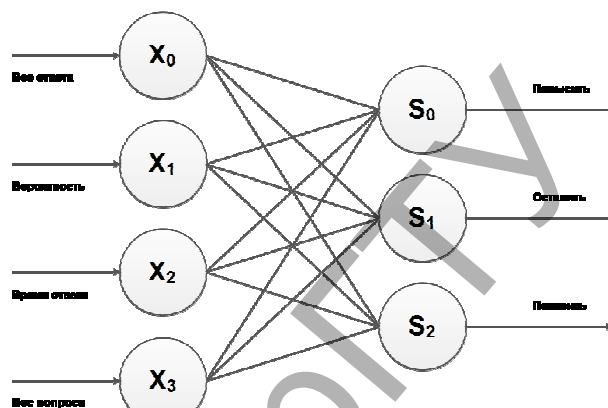


Рис. 1. Модель однослойной нейронной сети (персептрона) для классификации

Таблица 1. Качественные понятия и соответствующие значения

Нет	0
Скорее нет, чем да	0,25
Ни нет, ни да	0,5
Скорее да, чем нет	0,75
Да	1

На основе экспертной оценки характеристик получена таблица 2. Из таблицы 2 видно, что, например, на вопрос: «Правильный ли ответ на вопрос с весом (правильностью) ответа – 33%», следует: «Скорее нет, чем да» (0,25).

Для того, чтобы нейронная сеть научилась принимать решения (понизить, оставить, повысить), ей необходимо задать обучающую выборку с максимальным покрытием возможных вариантов.

Основой обучающей выборки послужили экспериментальные данные, полученные в результате проведения компьютерного тестирования студентов разных специальностей по различным предметам (Прикарпатский национальный университет имени Василя Стефаника, Украина). При этом было проанализировано более 30000 ответов (таблица 3) и построена траектория ответов (рис. 2).

Таблица 3. Таблица результатов тестирования на примере одного студента

Карпенюк Мария						
№	id_th	marker	id_q	weight_q	weight_a	Time
1	1	C	49	50	100	43
2	1	C	62	60	100	51
3	1	C	68	70	100	60
4	1	C	78	80	0	67
5	1	C	74	70	0	64
6	1	C	61	60	100	54
7	1	C	70	70	100	62
8	1	C	81	80	0	69
9	1	C	71	70	100	58
10	1	C	84	80	0	71

В таблице 3 приняты следующие обозначения: № – порядковый номер вопроса, id\_th – порядковый (уникальный в базе данных) номер раздела (темы) из которой взят вопрос, marker – классификатор вопроса (С – случайно – выбирается автоматически, О – контрольный, обязательный вопрос), id\_q th – порядковый (уникальный в базе данных) номер вопроса, weight\_q – вес (сложность) вопроса, weight\_a – вес (правильность) ответа, time – затраченное время на ответ.

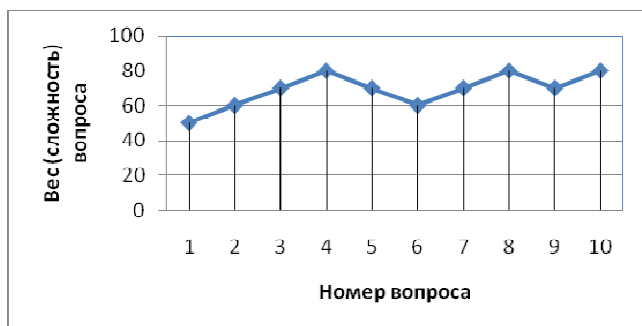


Рис. 2. Графическое представление траектории ответов студента

После настройки весов связей нейронов под обучающую выборку и подстановки данных студента (описанного в примере), получим (рис. 3):

- после ответа на 7-й вопрос: повысить 75%, оставить 25%;
- после ответа на 8-й вопрос: понизить 100%;
- после ответа на 9-й вопрос: оставить 75%, повысить 25%;
- после ответа на 10-й вопрос: оставить 100%.

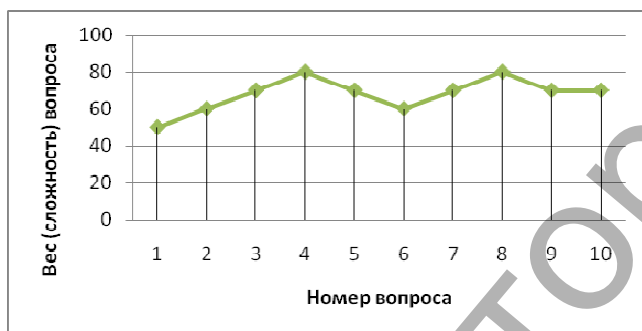


Рис. 3. Графическое представление предложенной траектории

Таким образом, система после ответа на 9-й вопрос определила более точно уровень знаний студента и предложила не менять уровень сложности задания, что, в свою очередь, совпало с заключением эксперта.

**4. Экспериментальное исследование системы на примере группы студентов.** Оценка качества усовершенствованной адаптивной системы тестового контроля знаний EduPRO/Owl выполнена путём сравнения результатов её функционирования в реальном процессе обучения с системой Moodle, одной из наиболее распространённых систем дистанционного обучения.

Было отобрано две исследовательские группы студентов IV курса информатики Прикарпатского национального университета имени Василия Стефанюка, Украина для прохождения курса «Искусственный интеллект», разработана учебная программа для внедрения в дистанционное обучение, подобран теоретический материал и создана база вопросов для тестового контроля знаний в различных системах дистанционного обучения. Одна из групп проходила обучение в системе Moodle, а вторая, соответственно, в системе EduPRO/Owl.

Сводная таблица результатов тестового контроля знаний по всему курсу «Искусственный интеллект» в системах дистанционного обучения EduPRO/Owl и Moodle для двух групп студентов и экспертные оценки уровня знаний приведены в таблице 4.

Графическое отображение оценки уровня знаний в двух системах и экспертная оценка изображена на рисунках 4, 5.

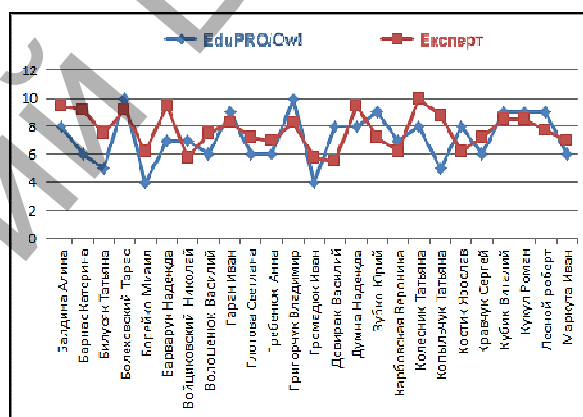


Рис. 4. Сравнение оценок уровня знаний системы EduPRO/Owl и эксперта

Таблица 4. Таблица результатов тестового контроля знаний в двух системах дистанционного обучения двух групп и экспертной оценки уровня знаний

Фамилия, Имя	EduPRO/Owl	Эксперт
Балдина Алина	8	9,5
Барнас Катерина	6	9,25
Билусяк Татьяна	5	7,5
Болеховский Тарас	10	9,25
Борейко Миаил	4	6,25
Варварук Надежда	7	9,5
Войциковский Николай	7	5,75
Волошенко Василий	6	7,5
Гаран Иван	9	8,25
Глотова Светлана	6	7,25
Гребенок Анна	6	7
Григорчук Владимир	10	8,25
Громадюк Иван	4	5,75
Довирак Василий	8	5,5
Думна Надежда	8	9,5
Зубко Юрий	9	7,25
Карбовская Вероника	7	6,25
Колесник Татьяна	8	10
Копыльчук Татьяна	5	8,75
Костик Ярослав	8	6,25
Кравчук Сергей	6	7,25
Кубик Виталий	9	8,5
Кукул Роман	9	8,5
Лесной Роберт	9	7,75
Маркута Иван	6	7

Фамилия, Имя	Moodle	Эксперт
Процюк Алина	8	7
Сигачев Анатолий	9	6,25
Сорока Ярослав	10	7,5
Семаньков Олег	10	6,25
Чолий Ольга	9	8,5
Стоцкая Оксана	9	9,25
Матлюк Иван	9	7,75
Семяник Андрей	8	5,5
Цок Владимир	9	6,75
Макотерская Иванна	10	6,5
Михальчук Галина	9	7,5
Парубочий Михаил	9	6,25
Смык Татьяна	9	7,75
Томин Оксана	9	3,25
Тарица Сергей	9	7,5
Яремич Иванна	9	7
Соболик Назар	9	6,75
Палков Виталий	9	6
Назарук Оксана	9	9
Шкромьда Иванна	10	5,75
Ольбинский Олег	8	5,75
Роспопа Ярослав	8	5,5
Шпигоцкий Петр	9	5,25
Плисюк Юлия	9	8,5
Рудницкий Дмитрий	9	4,25

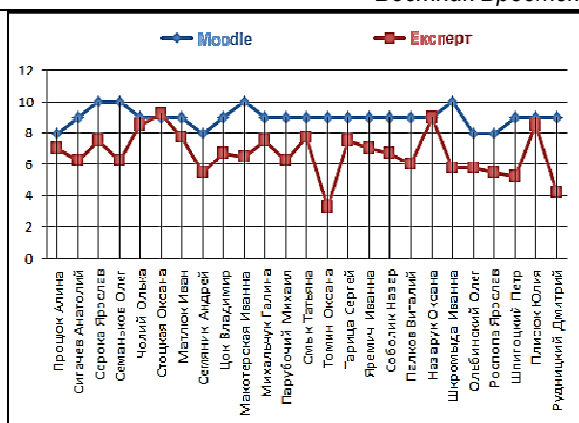


Рис. 5. Сравнение оценок уровня знаний системы Moodle и эксперта

Как видно из графиков сравнительного анализа оценок тестового контроля знаний студентов, качество оценки в разработанной системе EduPRO/Owl, в отличие от Moodle, в значительной степени приближается к выводам эксперта. Это, в свою очередь, свидетельствует о достаточной эффективности разработанной системы адаптивного тестового контроля знаний на основе нейронной сети.

В целом, экспериментальное исследование тестового контроля знаний в группах студентов, обучающихся в системе дистанционного обучения EduPro/Owl, подтвердило улучшение экспертной оценки, в среднем примерно на 20%, относительно результатов обучения студентов в системе Moodle.

**Заключение.** Усовершенствованная система адаптивного тестового контроля знаний на основе нейронных сетей предоставляет возможность повысить примерно на 20% эффективность определения уровня знаний студентов. Это подтверждено результатами экспериментального исследования тестового контроля знаний в группах студентов, обучающихся в разработанной системе дистанционного обучения EduPro/Owl и системе Moodle.

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Linacre, J.M. Computer-Adaptive Testing: A Methodology Whose Time Has Come / C. Sunhee, K. Unson, J. Eunhwa // MESA Memorandum – No. 69 – 2000.

2. Thompson, N.A. Framework for the Development of Computerized Adaptive Tests / J. David, A. Weiss. // Practical assessment, research & evaluation. – Volume 16 – Number 1 – 2011.

3. Sands, W.A. Computerized adaptive testing. From inquiry to operation / B.K. Waters, J.R. McBride // Washington: American Psychological Association – 1997 – P. 47–57.

4. Gibbons, R.D. Using computerized adaptive testing to reduce the burden of mental health assessment / D.J. Weiss, D.J. Kupfer, E. Frank, A. Fagiolini, V.J. Grochocinski, D.K. Bhaumik, A. Stover, R.D. Bock, J.C. Immekus // Psychiatric Services – Vol. 59 – 2008 – P. 361–368.

5. Wise, S.G. Practical issues in developing and maintaining a computerized adaptive testing program / G.G. Kingsbury // Psicologia – Vol. 21 – Num. 1 – 2000 – P. 135–155.

6. Parshall, C.G. Practical considerations in computer-based testing / J.A. Spray, J.C. Kalohn, T. Davey // New York: Springer – 2001.

7. Hermundstad, A.M. Learning, Memory, and the Role of Neural Network Architecture / S. Brown Kevin, S. Bassett Danielle, M. Carlson Jean // Computational biology – 2011.

8. Федорук, П.И. Использование системы EduPRO для организации процесса адаптивного обучения / С.Н. Масловский // УСиМ. – Киев. – 2009. – № 4. – С. 84–93.

9. Федорук, П.И. Анализ временных характеристик ответов в адаптивной системе тестового контроля знаний «EduPRO/Owl» / С.Н. Масловский // Современные информационные технологии в дистанционном образовании: сборник тезисов докладов I Всеукраинского научно-практического семинара СИТвДО-2012. – 2012. – С. 43–48.

10. Albarakati, N. Fast neural network algorithm for solving classification tasks // Virginia Commonwealth University – Richmond – Virginia – 2012.

11. Golovko, V. Neural network approaches for intrusion detection and recognition / L. Vaitsekhovich // International Journal of Computing. – 2006 – Vol. 5 – Issue 3 – P. 118–125.

12. Головки, В.А. Нейроинтеллект: теория и применение. – Книга 1: Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями. – Брест: БПИ, 1999.

13. Lord, F.M. Application of Item Response Theory to Practical Testing Problems / Hillsdale N - J. Lawrence Erlbaum Ass. // Publ – 1980 – 266 p.

14. Hambleton, R.K. Item Response Theory: Principles and Applications / H. Swaminathan. – Boston, 1985 – 327 p.

Материал поступил в редакцию 08.01.16

**MASLOVSKY S.N. Adaptive system of testing of knowledge of students on the basis of the neural network**

We consider the use of a neural network to build a system of decision-making in the translation between the levels of difficulty of the test tasks in the adaptive computerized system test control of knowledge based on individual time test complexity of the task. It is shown that by using the generated neural network can recognize the situation on the basis of the previous statistics, in accordance with the individual characteristics of the student and take decisions on transfers between the levels of difficulty of the test tasks, which in turn greatly increases the level of adaptation and allows a more accurate estimate the actual level of knowledge.

УДК 519.725;007.001.362;528.85/.87(15)

Перцев Д.Ю.

**МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ СЖАТИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

**Введение.** Дистанционное зондирование Земли – способ получения информации об объекте без непосредственного физического контакта с ним.

На борту летательного аппарата (например, спутника либо самолета) устанавливается специализированная съемочная аппаратура (спектрометр), задачей которого является фиксация излучения с поверхности, бортовая система осуществляет преобразование полученных данных и передает их в центр управления. При этом в зависимости от типа спектрометра рабочий диапазон длин волн, фиксируемый аппаратурой, может составлять от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны).

В зависимости от того, является ли фиксируемый диапазон длин волн непрерывным, различают мультиспектральные (диапазон прерывается, при этом их может быть несколько) и гиперспектральные спектрометры (диапазон может быть коротким, но при этом непрерывен).

Мультиспектральные системы считаются хорошо изученными и представлены широким спектром съемочной аппаратуры. В зависимости от решаемой задачи определяются необходимые спектральные диапазоны (например, видимый и часть инфракрасного) и подбирается соответствующий спектрометр. Основным достоинством данного подхода

Перцев Д.Ю., ассистент кафедры ЭВМ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Беларусь, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6.