

С.П. ФОМИН

**Возможность использования
методов определения позы
человека в системе «Умный дом»**

УДК 004.58

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
"Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых",
г. Муром.

В работе отражена потребность в автоматическом распознавании изображений положения тела человека для улучшения эффективности системы «Умного Дома». Рассмотрены алгоритмы аналогии, выявлены их достоинства и недостатки. Произведен системный анализ.

Введение

Современный человек использует множество устройств, которые упрощают жизненные процессы, делают их более комфортными, а так же экономят время. По исследованиям в среднем около 1 часа в день человек тратит на выполнение бытовых операций, таких как включение света, открывание штор и так далее. Система автоматизации дома позволит сэкономить это время.

Одним из наиболее перспективных направлений развития систем «Умного дома» является внедрение системы технического зрения. Данная технология имеет огромный потенциал по развитию взаимодействия всевозможных систем с человеком. Одной из перспективных направлений для автоматизации систем «Умного дома», является распознавание поз человека с помощью систем технического зрения.

Согласно определениям Лабунской [2] и Ушакова [3], «позирование» является статическим положением человеческого тела, элементарной единицей пространственного поведения человека, характеризующейся определенным положением корпуса, головы и конечностей по отношению друг к другу. Следовательно,

определяя пространственные характеристики корпуса и конечностей тела, можно взаимодействовать с системами «Умного дома», а так же заключить выводы о его потребностях и даже о психическом состоянии личности. Извлечение данной информации в автоматическом режиме и её объективное описание в виде, доступном для автоматизации систем «Умного дома» является актуальной научной темой. Для решения данной задачи необходимо создание автоматизированной системы регистрации и описания позирования человека, для распознавания известных поз и реакции на них необходимых систем.

Функциональность системы «Умный дом»

Большинство систем «Умный дом» основаны на событийно-действенной модели, которая включает в себя такие сущности как правила, события и действия.

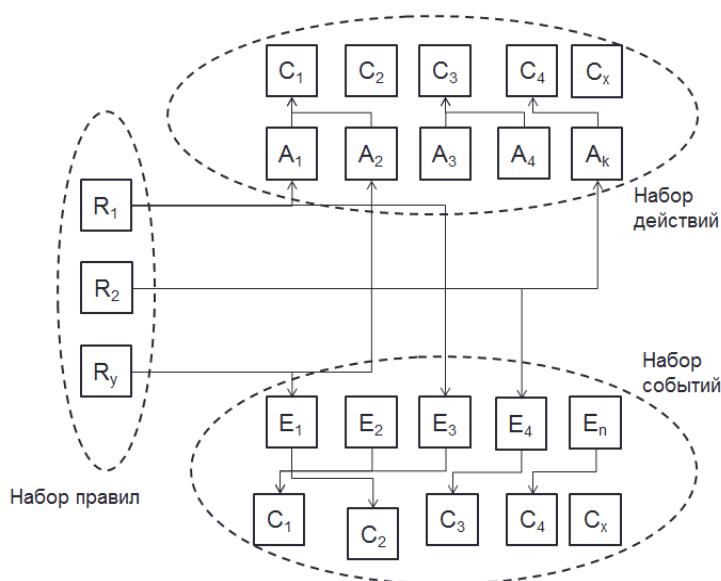


Рис. 1. Схема модели группы правил.

В представленной схеме правило устанавливает связь между происходящими событиями и действиями системы. К примеру при срабатывании датчика движения в помещении вызывается действие включения освещения. К одному событию может быть привязано несколько действий. Также могут быть комбинированные события, если на улице темно и холодно, то нужно включить подогрев пола и не открывать жалюзи.

Существует потребность определения положения человека в пространстве, а именно три состояния: сидячее, стоячее, лежащее. Это дополнительная информация, которая поможет системе в

принятии решения. Даже если система не является экспертной, количество вариантов вызова действия увеличивается в 3 раза, что позволяет более точно принимать решение управления и как следствие экономить энергию. В Таблице 1 приведен простой пример логики обработки событий. Рассмотрено 5 помещений с ориентацией на действия связанные с электропотреблением, приведены действия включения, действия на выключение не приведены, но подразумеваются.

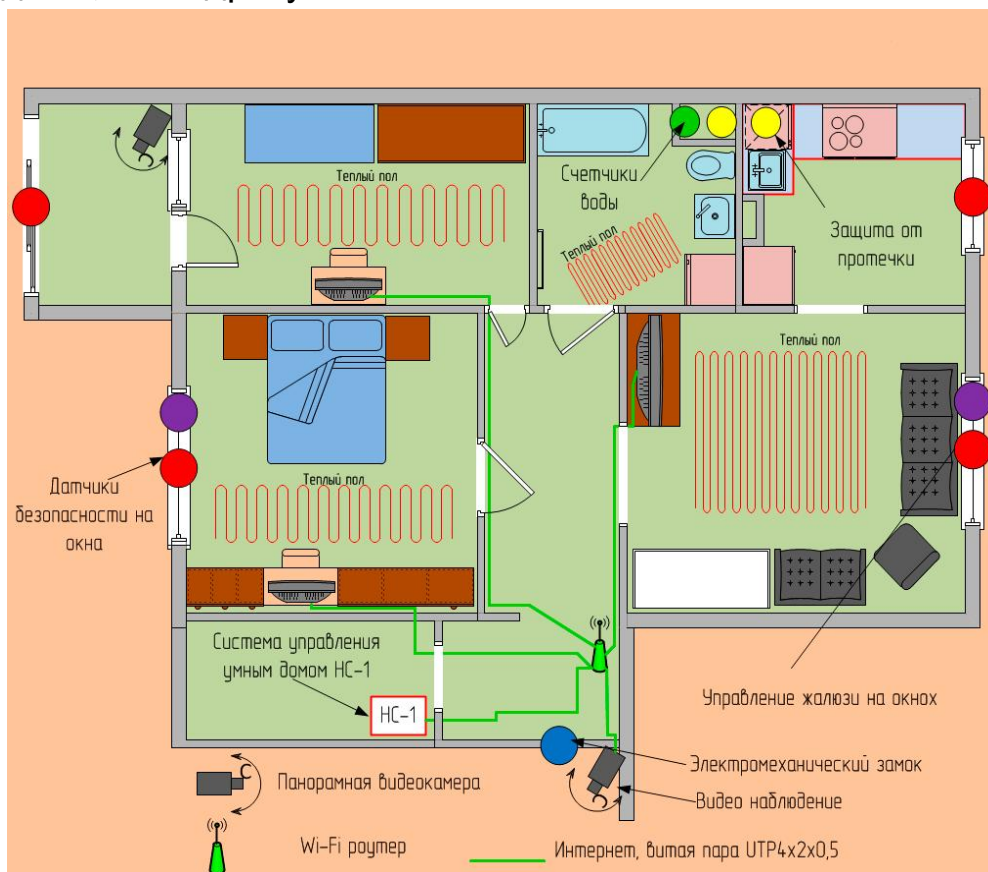


Рис. 2. Схема квартиры из трех комнат.

На Рисунке 2 представлена схема типовой квартиры. В каждом из помещений установлены датчики присутствия, движения, освещение и подогрев пола управляется системой или устанавливается вручную.

Для того чтобы определить положение тела человека в помещении, а также его координаты, необходимо использовать алгоритмы определения поз человека в видео-поток или готовые решения для идентификации поз и жестов человека в пространстве.

Таблица 1

Базовый набор событий и действий системы

	Спальня				Гостиная				Ванная				Кухня			Холл Движ.	
	Движ.	Вр. 6:30	Присут.		леж.	сид.	ст.	Вр. 6:15	леж.	сид.	ст.	Вр. 6:15	Прол.	Присут.	Прол.		Вр. 6:30
			леж.	сид.													
Включить подогрев пола	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	n/a
Включить освещение	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+
Включить освещение приглушенно	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Включить мультимедиа	-	+	+	+	-	+	+	-	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	+	-	-	n/a
Включить вытяжку	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	+	-	+	-	-	n/a
Перекрыть воду	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	-	-	-	+	-	n/a
Включить кофеварку или чайник	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	-	-	n/a
Подогрев воды	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	-	-	+	-	-	n/a
Открыть жалюзи	-	+	-	-	-	-	-	+	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	-	-	+	n/a

Системы распознавания человека в пространстве

На рынке отечественных и зарубежных предложений появляются технологии способные частично решить задачу определения позы человека в пространстве.

Viziware

Данная система является коммерческой разработкой отечественной фирмы СКЗ. Технология позволяет распознавать человеческие жесты, отслеживает объекты, оценивая их положение и скорость в режиме реального времени. Две видеокамеры работают аналогично глазам человека, вычисляя расстояния до объектов[2].

Достоинства:

1. Регулируемая рабочая дистанция - от 20 см до 10 м
2. Неограниченное количество устройств в одной комнате и низкое энергопотребление
3. Работоспособность на движущихся объектах: система фильтрует собственное движение и постоянно калибрует камеры
4. Распознавание объектов без использования маркеров

Недостатки:

1. Не распознает позы человека
2. Данная технология является коммерческой разработкой

WiSee

Команда разработчиков создала прототип системы, которая использует сигнал Wi-Fi для идентификации жеста человека. Данная технология позволяет осуществлять такие действия как выключения света в соседней комнате, или изменения громкости проигрывателя. Все, что нужно от пользователя, сделать определенный жест, понятный WiSee. Для распознавания жеста отслеживается изменение уровня сигнала беспроводной сети роутера, ноутбука, смартфона и прочих подключенных к Wi-Fi сети устройств. Система основана на доплеровском смещении. Небольшие изменения сигнала беспроводной сети, вызываемые движением человека, улавливаются, анализируются, и переводятся в понятные для управляемых устройств сигналы. Прототип показал эффективность в 94% проверок. Т.е. 94% жестов разработчиков,

заложенные в систему, были распознаны правильно. Тестирование проводилось в квартире с двумя комнатами.

Достоинства:

1. Простота внедрения и установки;
2. Эффективно распознает жесты;
3. Зона локализации зависит от мощности устройств и легко масштабируется.

Недостатки:

1. Не распознает позы человека,
2. Слабо применима к многоквартирным домам,
3. Чувствительна к другим Wi-Fi устройствам не использующие данную систему

SensFloor

Немецкое изобретение, относящееся к разряду умный дом, призвано помочь пожилым людям для обеспечения безопасности, ведь именно они, а также те, кто в своё время пережил травму того или иного рода, часто подвергаются риску упасть и получить перелом. Данная технология состоит из большого количество сенсоров встроенных в пол жилища.

Достоинства:

1. Высокая точность распознавания падения человека
2. Относительная простота реализации

Недостатки

1. Почти не распознает позы человека, кроме одной
2. Не распознает жесты
3. Сложна в установке

Все эти технологии имеют свои достоинства и недостатки, но не решают в полной мере поставленную задачу. Поэтому требуется создать собственную.

Методы определения позы человека в видеопотоке

Методы решения задачи обнаружения человека можно условно разделить на несколько классов:

- 2D без использования предопределенной модели человеческого тела;

- 2D с использованием заданной модели человеческого тела;
- 3D с использованием информации от нескольких источников изображения (камер) для формирования пространственной модели сцены.

Рассмотрим более подробно вторую группу, т.к. именно такие методы ориентированы на определения позы и положения человека в сцене, а в рассматриваемой системе стереокамеры используются крайне редко.

Алгоритмы данного типа используют априорное знание о представлении изображения человеческой фигуры в 2D-проекции для сегментации изображения, выделения фигуры и отдельных частей тела. В связи с тем, что при произвольных движениях возникают проблемы, связанные с искажениями информации.

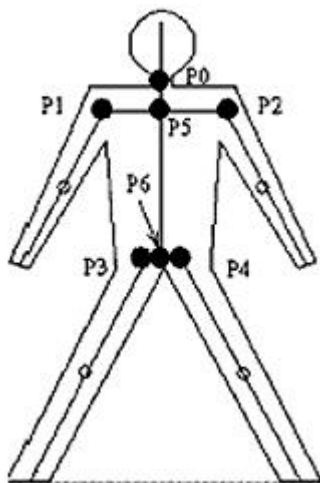


Рис. 3. Сегментация человеческой фигуры.

2D-проволочная модель фигуры с ленточным покрытием из-за взаимных перекрытий, изменений ракурса и частичным выходом за границы кадра, многие системы ограничивают допустимую изменчивость в пределах заранее сформулированной модели поведения человека в кадре.

Выделение силуэта начинается с выделения частей тела в последовательности - ноги, тело, голова, руки. Ноги и тело чаще всего являются наиболее стабильными элементами изображения и за редким исключением наименее подвижными (или имеют

ограниченный тип движения), поэтому они наиболее удобны для первоначальной привязки модели тела.

Пример использования ленточной модели для сегментации и выделения человеческого тела приведен на Рисунке 5. Модель человеческого тела составлена из пяти U-образных лент, туловища, системы точек связи и центров масс, и ряда структурных ограничений таких, как определение опорных элементов. В дополнение к модели тела используется система описаний изображений специфических поз, например, вид человека на коленях, бегущий человек и т. д.

В то же время могут использоваться модели описывающие характер движения человека во временной развертке. На Рисунке 6 представлены характеристики движения в 3D-пространстве ХУТ, на основании которых выделяются и отслеживаются силуэты людей на стационарном фоне.

Система для обнаружения человека на изображении "Pfinder" обнаруживает и сопровождает силуэт, используя "капельную" модель тела. Каждая "капля" статистически описывается системой пространственных $\langle x, y \rangle$ и цветовых $\langle Y, U, V \rangle$ параметров, имеющих нормальное распределение, и соответствует какой-либо части человеческой фигуры (руки, голова, ноги, рубашка, штаны). Также создается статистическая модель сцены, в которой каждому пикселу присваивается определенная вероятность, исходя из предположения о нормальности распределения в пространстве цветов. Модель сцены используется для определения областей, в которых значения пикселов отличаются от ожидаемых.

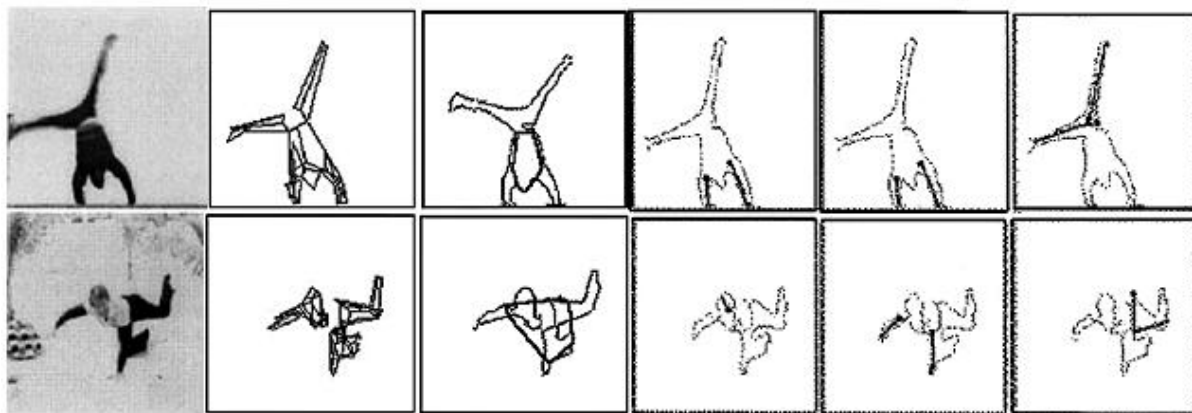


Рис. 4. Определение человека используя «капельную» модель тела.



Рис. 5. Ленточная аппроксимация и выделение частей тела.

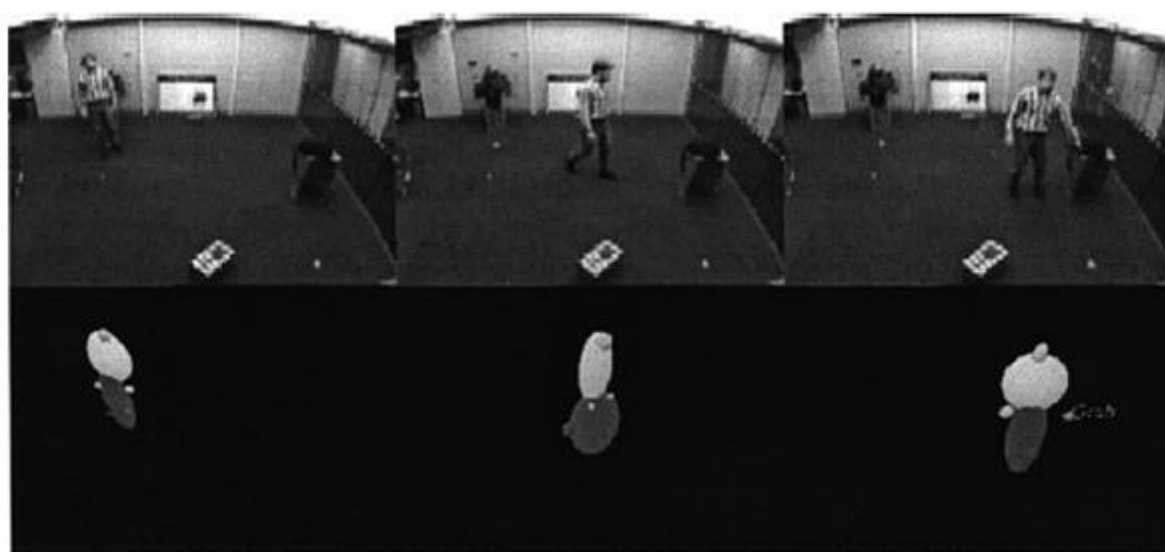


Рис. 6. Обнаружение и трассировка силуэта с помощью капельной модели человека системой "Pfinder".

Выделение и сегментация человеческого тела происходит в процессе построения капельной модели с использованием эвристического анализа для замещения элементов изображения "каплями", соответствующими отдельным частям тела (Рисунок 6).

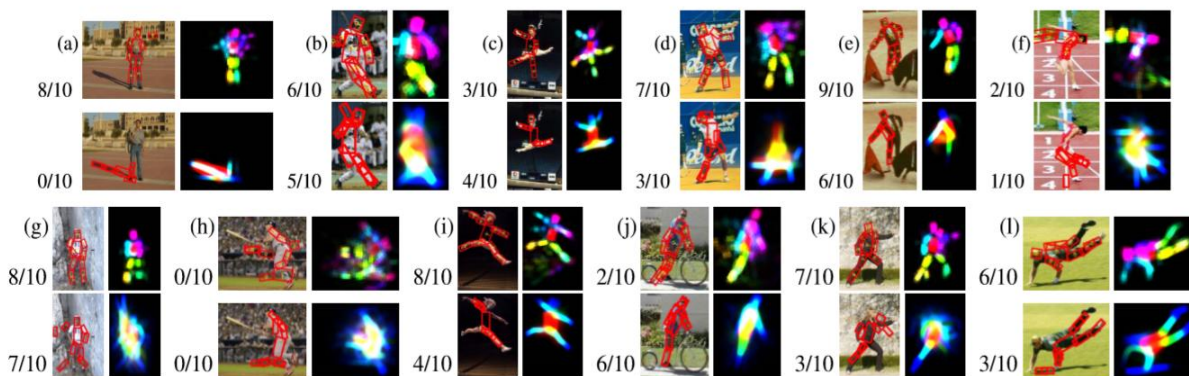


Рис. 7. Распознавание человека используя проволочно-шарнирную модель.

Кроме 2D-моделей человеческого тела многие алгоритмы обнаружения человека и сегментации тела используют заранее сформированную 3D-модель. В отличие от аналогичных моделей, используемых в компьютерной графике, для обнаружения и сегментации человеческой фигуры используются более схематичные и упрощенные 3D-модели. В качестве моделей могут быть использованы проволочные или шарнирные модели, модели составленные из цилиндров различных длин и диаметров, или триангулированные модели поверхности тела.

Использование 3D-моделей позволяет более точно определить позу, соответствующую данной 2D-проекции. В качестве условия окончания поиска принимается состояние модели, имеющее минимальное отличие соответствующей 2D-проекции от исходного изображения. Методы обнаружения человеческой фигуры имеют существенный недостаток, связанный с большими затратами вычислительных ресурсов на выбор положения, допустимой позы и согласования модели с исходным изображением.

Заключение

Определение требований к подсистеме автоматического распознавания позиций человека в системе «Умный дом»:

- Система должна быть максимально стабильна и работать без сбоев.
- Система должна быть легко масштабируема.
- Система должна быть полностью безопасна.
- Система должна быть цельна и самодостаточна

- Система должна иметь возможность обучения
- Для работы в «реальном времени» разработка должна быть максимально производительна, время обработки одного кадра не должно занимать более 100-200 мс[3].

При распознавании человека и его поз, для высокой производительности одним из главных факторов является наличие качественного сенсора. Сенсор регистрируемой системы должен уметь моделировать скелет человека, получать координаты опорных элементов скелета, обладать бесконтактностью. В таком случае данные о состоянии позы человека могут быть использованы при принятии решения.

Литература

1. Князев Б.А. Исследование и разработка мультиагентного аппаратно-программного комплекса распознавания позы человека .: ФГБОУ ВПО, 2013. с 523-538.
2. Система Viziware, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comvisionsys.ru/product/viziware/>, Дата доступа:25.11.2014.
3. P. Turaga, R. Chellapa, V. S. Subrahmanian, and O. Udrea. Machine recognition of human activities: A survey. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 18(11):1473–1488, 2008.
4. J. K. Aggarwal and M. S. Ryoo. Human activity analysis: A review. In ACM Computing Surveys, 2011.
5. V. Kellokumpu, M. Pietikainen, and J. Heikkila. Human activity recognition using sequences of postures. In Proc IAPR Conf. Machine Vision Applications, pages 570-573, 2005.
6. J. Goles, Inside the race to hack the Kinect, New Scientist, vol. 208, no. 2789, p.22, December 2010.
7. Microsoft Corporation, “Kinect for Xbox 360-Xbox.com”, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.xbox.com/en-GB/kinect/>, Дата доступа:24.11.2014.
8. Канунова Е.Е. Методы и алгоритмы реставрации изображений архивных тестовых документов [Текст] / Е. Е. Канунова, А. А. Орлов, С. С. Сыдыков. // Мир, Москва, 2006. С. 135.
9. Орлов А.А. Алгоритмы обработки снимков промышленных изделий [Текст] / Орлов А.А., Антонов Л.В. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 97.
10. Орлов А.А. Комплексный анализ систем мониторинга оборудования на производственных предприятиях [Текст] / Орлов А.А., Астафьев А.В., Провоторов А.В. // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. № 11. С. 131-135.
12. Орлов А.А. Компьютерный рентгенографический анализ качества сварных соединений и выделение линейчатых объектов на них [Текст] // Автоматизация и современные технологии. 2009. № 6. С. 3-6.

13. Орлов А.А. Реализация системы обработки изображений линейчатых объектов [Текст] // Программные продукты и системы. 2007. № 4. С. 61.

14. Орлов А.А. Системный анализ методов маркировки промышленных изделий [Текст] / Орлов А.А., Провоторов А.В., Астафьев А.В. // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. № 15. С. 136-140.

15. Орлов А.А. Технология сравнения и идентификации растровых изображений линий [Текст] / Орлов А.А., Ермаков А.А. // Программные продукты и системы. 2007. № 1. С. 68.

16. Еремеев С.В., Андрианов Д.Е., Баринев А.Е., Титов Д.В. Алгоритмы поиска объектов по пространственным характеристикам в задачах муниципальных ГИС//Известия юго-западного государственного университета.2012. №2. С. 37-41.

17. Андрианов Д.Е., Булаев А.В. Автоматизированная обработка пространственной информации в геоинформационных системах//Автоматизация и современные технологии. 2007. № 8. С. 3-6.