

Компьютерная геометрия

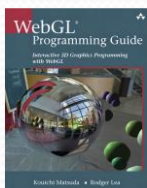
Захаров Андрей Алексеевич,
к.ф.-м.н., доцент кафедры ФН-11 МГТУ им. Баумана,
моб. 8-910-461-70-04, e-mail: azaharov@bmstu.ru

Знакомство с курсом

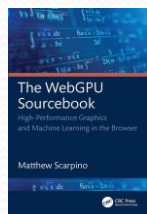
- Предполагаемые знания
 - 1. Математический анализ
 - 2. Аналитическая геометрия
 - 3. Дифференциальные уравнения
 - 4. Алгебра
 - 5. Информатика
 - 6. Физика
 - 7. Основы программирования на C, C++
- Изучаемые и используемые в курсе IT-технологии
 - HTML 5 (+ CSS)
 - JavaScript, AJAX, DOM3
 - WebGL, GLSL ES
 - WebGPU, WGSL
 - Three.js

Знакомство с курсом

- Литература по курсу:



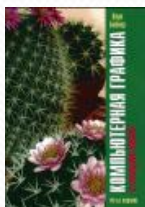
1. Мацуда Коичи, Ли Роджер. WebGL: программирование трехмерной графики. М.: ДМК Пресс, 2015. (Kouichi Matsuda, Rodger Lea. WebGL Programming Guide. Addison-Wesley. 2013.)



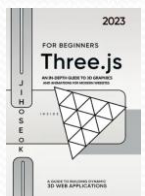
2. Matthew Scarpino. The WebGPU Sourcebook: High-Performance Graphics and Machine Learning in the Browser. CRC Press. 2024



3. Этан Браун: Изучаем JavaScript: руководство по созданию современных веб-сайтов, 3-е изд. СПб.: ООО «Альфа-книга», 2017 (Ethan Brown. Learning JavaScript. O'Reilly, 2016)



4. Дональд Херн, М. Паулин Бейкер. Компьютерная графика и стандарт OpenGL, 3-е издание. М.: Издательский дом «Вильямс». 2005. (Donald D. Hearn, M. Pauline Baker, Warren Carithers. Computer Graphics with Open GL. Fourth Edition. 2014.



5. Jos Dirksen. Learn Three.js. Program 3D animations and visualizations for the web with JavaScript and WebGL. Fourth Edition. 2023.
6. Jiho Seok. Three.js For Beginners : An In-depth Guide to 3D Graphics and Animations for Modern Websites. 2023.

Знакомство с курсом

- Контроль
 - Модуль 1

Формы контроля	Оценка в баллах	
	минимальная	максимальная
Рубежный контроль	9	15
Лабораторные работы	15	15
Работа на лекциях	0	10
ИТОГО	24	40

- Модуль 2

Формы контроля	Оценка в баллах	
	минимальная	максимальная
Домашнее задание	15	25
Лабораторные работы	21	21
Работа на лекциях	0	14
ИТОГО	36	60

Лекция 1. Введение в компьютерную графику

Важность, определение, оснащение (что входит и что изучается), развитие, направления и области использования



Важность изучения КГ

- XXI в. – век информационных и коммуникационных технологий.
- Эффективное использование ИТ ↔ уровень развития КГ.
- КГ → проблема взаимодействия человека и ВТ (проблема HCI – Human Computer Interaction).
- Органы чувств, зрение.
- Классические (некомпьютерные) графические технологии и их роль в человеческом обществе:
 - Графические планы при строительстве сооружений.
 - Географические карты.
 - ...

Определение

Компьютерная графика (computer graphics) – это область информатики (науки о компьютерах – computer science), обучающая методам создания, хранения и обработки моделей геометрических объектов и их графических изображений с помощью ЭВМ.

Оснащение (что изучается)

1. Технические средства.
2. Математические методы, модели и алгоритмы.
3. Графические библиотеки – API.
4. Программные продукты.

Возможности компьютерной графики в целом определяются уровнем развития технических средств и в особенности средств визуализации графических изображений.

Развитие КГ

1930 год – в США нашим соотечественником Владимиром Зворыкиным, работавшим в компании “Вестингхаус” (Westinghouse), была изобретена электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), впервые позволяющая получать изображения на экране без использования механических движущихся частей. ЭЛТ является прообразом современных телевизионных кинескопов и компьютерных мониторов.

декабрь 1951 года – в Массачусеттском технологическом институте (МТИ) инженером Джемом Форрестером разработан первый дисплей для компьютера Whirlwind 1 (Вихрь) для системы ПВО ВМФ США.

1962 год – одним из отцов-основателей компьютерной графики Айвенгом Сазерлендом (Ivan E. Sutherland) в МТИ создана программа “Блокнот” (Sketchpad). Эта программа с помощью светового пера могла рисовать достаточно простые фигуры (точки, прямые, дуги окружностей) и осуществлять с ними различные манипуляции.

1965 год – фирма IBM выпустила первый коммерческий графический терминал под названием IBM-2250.

конец 70-х годов – для космических кораблей “Шаттл” появились летные тренажеры, основанные на компьютерной графике.

1979 год – Джордж Лукас, глава фирмы “Lucasfilm” и создатель сериала “Звездные войны”, организовал в своей фирме отдел, который занимался внедрением последних достижений компьютерной графики в кинопроизводство.

1982 год – на экраны кинотеатров вышел фильм “Трон” в котором впервые использовались кадры, синтезированные на компьютере.

Развитие КГ

За полвека своего развития компьютерная графика проделала громадный путь и сейчас это самая динамично развивающаяся отрасль информационных технологий:

- Графические ускорители становятся:
 - быстрее (процессор)
 - меньше (размер)
 - больше (память)
 - и дешевле
- Растут, совершенствуются функциональные возможности КГ.
- Развитие рынка киноиндустрии:
 - «Звездные войны» (суперкомпьютер Cray) – «Терминатор-2», «Вавилон-5» - «Аватар» - ...
 - Громадный зрительский и коммерческий успех.
 - Включение в кинофильмы эффектных сцен, сделанных с помощью компьютера, стало в последние годы не исключением, а нормой, и подчас такие сцены неотличимы от снятых на «натуре».
- Компьютерная графика стала стандартом в прикладном программном обеспечении и компьютерных системах вообще.

Большая часть исследований в области компьютерной графики связана с повышением эффективности, реализма и скорости генерации изображений.

Сейчас компьютерная графика мигрирует от больших неподвижных устройств на карманные устройства, такие как смартфоны.

Интерактивная компьютерная графика в реальном времени занимает важное место в сети Интернет и поддерживается почти всеми браузерами.

Направления КГ

- Изобразительная КГ (графика, созданная средствами геометрического моделирования).

Задачи изобразительной графики:

- построение модели сцены по реальному или идеальному прообразу;
 - преобразование модели сцены для получения требуемых технических параметров или визуального эффекта;
 - визуализация и вывод сцены на устройство печати или экран монитора.
- Обработка изображений;
 - Анализ сцен и распознавание образов (перевод уже имеющегося изображения на формально понятный язык символов);
 - Когнитивная КГ (синтез и визуализация абстрактных изображений, не имеющих реальных физических аналогов и первообразов). Задачи когнитивной графики:
 - разработка техники визуализации данных и знаний;
 - представление знаний в компактной форме, доступной для восприятия и обработки наблюдателем;
 - синтез правил, гипотез, механизмов объяснения и предсказания.

Области использования КГ

От простейших текстовых редакторов до сложнейших компьютерных игр, а также в:

- обучающих тренажерах;
- производстве музыкальных клипов и рекламных роликов;
- кроя одежды;
- анализе данных;
- научных исследованиях;
- медицине;

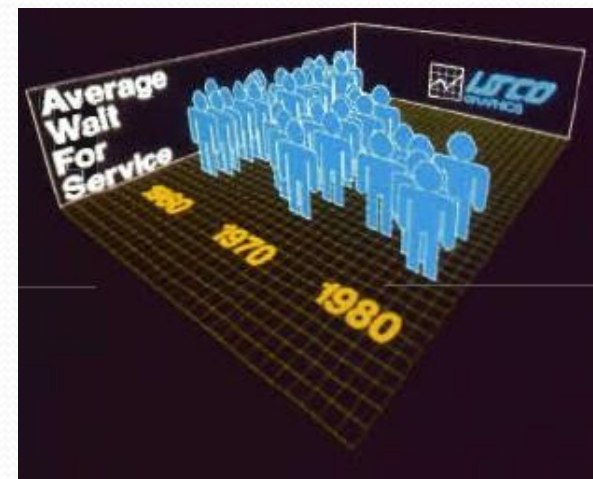
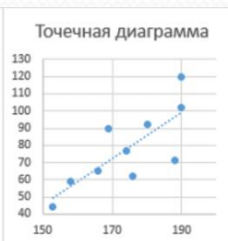
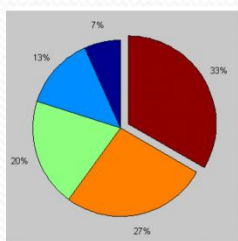
Особое место компьютерная графика занимает в составе систем автоматизированного проектирования и пакетов, предназначенных для создания художественных и анимационных фильмов. В этих прикладных областях используются разнообразные технологии и аппаратные решения.

Интерес к компьютерной графике проявляют представители самых различных специальностей:

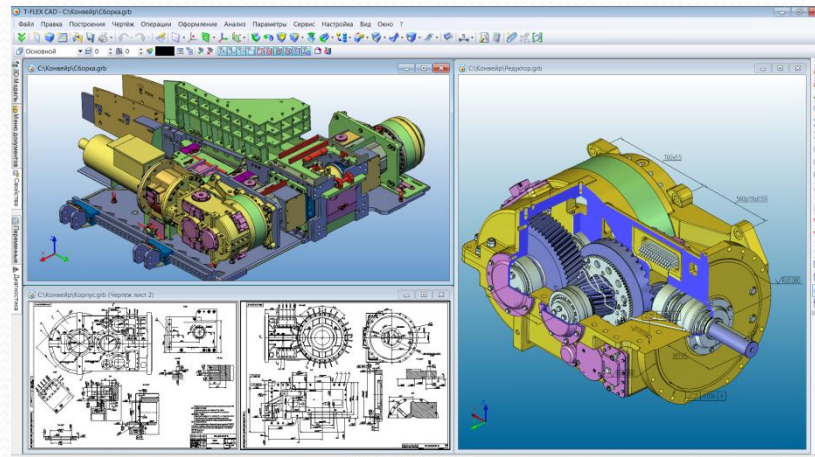
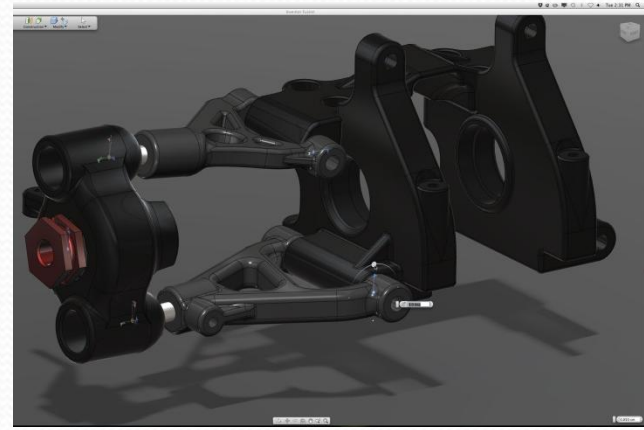
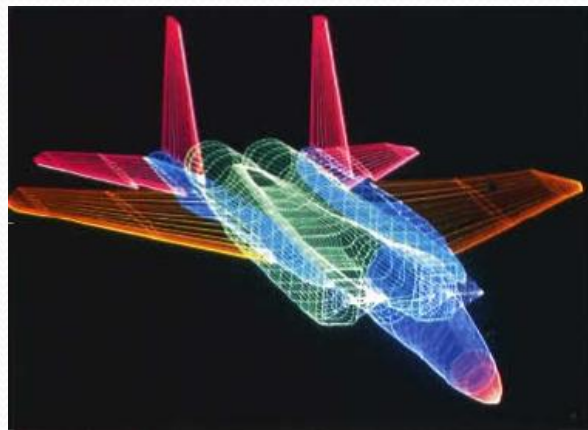
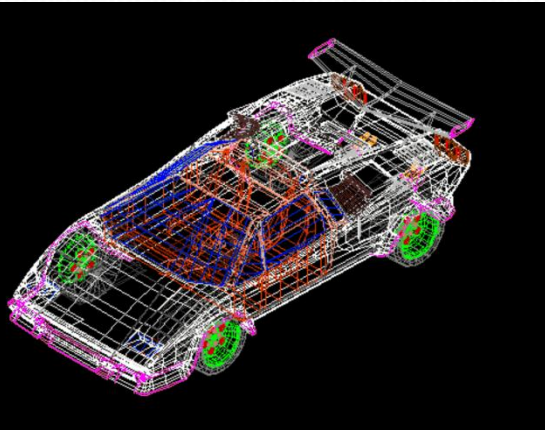
- программисты компьютерных игр;
- web-разработчики;
- инженеры-конструкторы;
- технологи;
- исследователи в различных научных или прикладных областях;
- специалисты по компьютерной верстке и оформители полиграфической продукции;
- авторы мультимедиа презентаций, учителя, преподаватели
- медики;
- дизайнеры;
- фотографы;
- кинорежиссеры;
- художники-мультипликаторы;
- модельеры тканей и одежды;
- клипмейкеры;
- специалисты в области видеомонтажа;
- ...

Графики и диаграммы

Демонстрация простых графиков данных - одна из первых областей применения компьютерной графики, которые, как правило, строились с помощью буквенно-цифрового принтера. Построение графиков до сих пор остается самым распространенным примером применения компьютерной графики, но сегодня можно запросто создавать диаграммы для печатных отчетов и презентаций, демонстрирующие очень сложные взаимосвязи данных. Графики и диаграммы, как правило, используют для обобщения финансовых, статистических, математических, научных, технических и экономических данных при оформлении научных докладов, административных отчетов и публикаций других видов. Типичные примеры графического изображения данных – это линейные графики, гистограммы, секторные диаграммы. Один или несколько секторов секторной диаграммы можно выделять особо, выдвинув их в радиальном направлении, в результате чего получится «взорвавшаяся» секторная диаграмма. Трехмерные графики и диаграммы используются для того, чтобы показать дополнительную информацию о параметрах, хотя иногда ими пользуются просто, чтобы произвести больший впечатляющий эффект или представить зависимость данных более привлекательным образом.

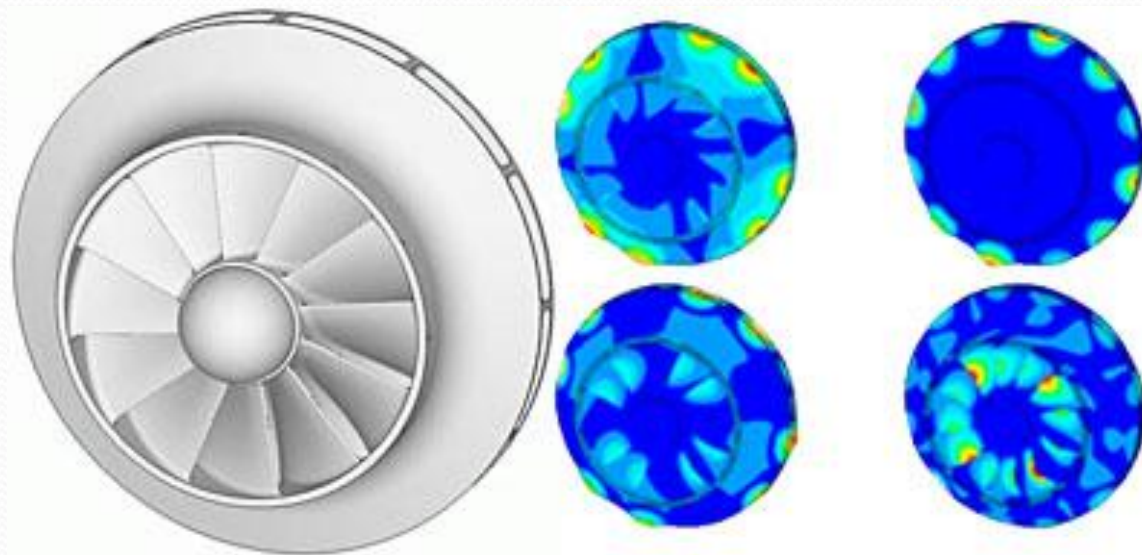
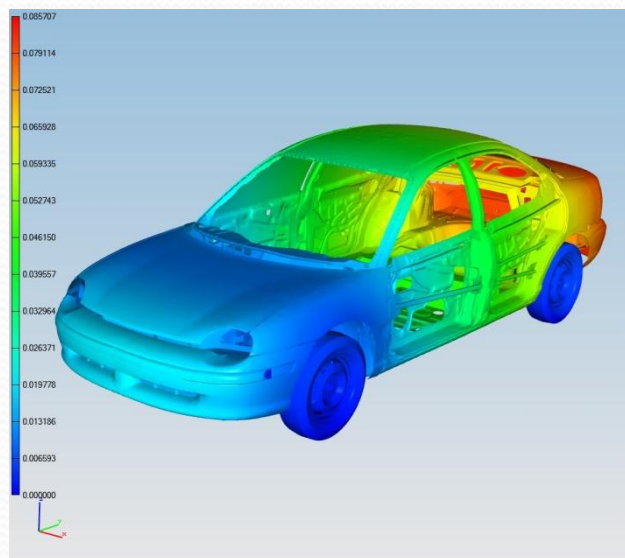


Автоматизированное проектирование (CAD – computer-aided design)



Автоматизированная разработка или конструирование (CAE – computer-aided engineering)

После создания геометрической модели объекта выполняется исследование его физических свойств путем постановки численных экспериментов. Как правило, расчеты проводятся на специализированных расчетных системах (суперкомпьютеры, кластеры, мощные серверы или рабочие станции). Результаты представляются с помощью методов научной визуализации. По их результатам конструктор принимает решение о внесении в модель необходимых изменений.



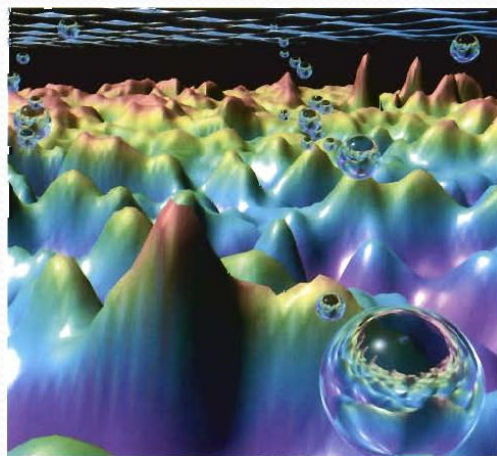
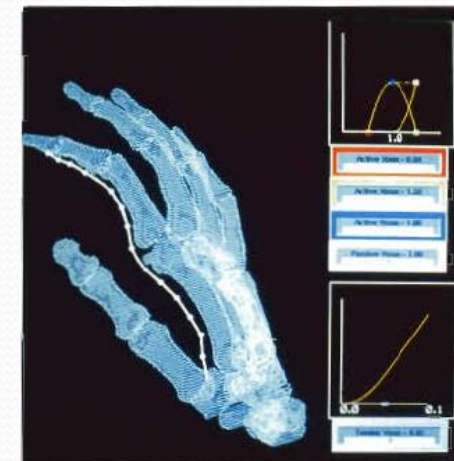
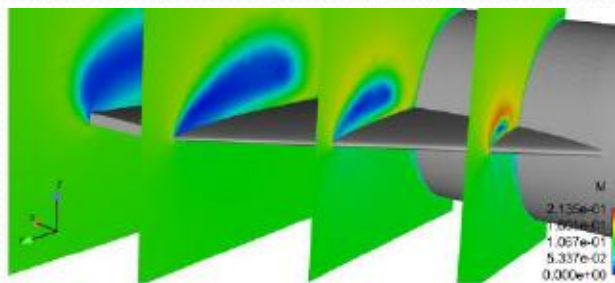
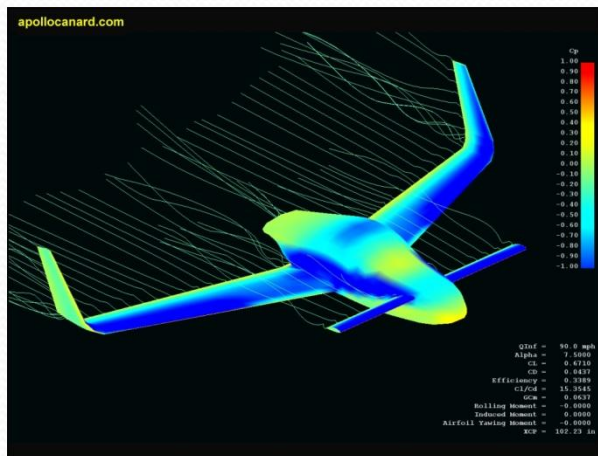
Автоматизированное производство (CAM – computer-aided manufacturing)

Компьютерное описание проектируемых объектов → автоматизация выпуска продукции:

1. Чертеж изделия.
2. Описание отдельных технологических процессов, необходимых для формирования поверхности.
3. Контроллер станка, как правило, представляет собой микро- или миникомпьютер (механические станки с ЧПУ). На языке программирования станков с ЧПУ описывается производство отдельной детали.
4. Автоматическое изготовление механической детали.



Визуализация данных



Научная визуализация - создание графических отображений научных, технических и медицинских данных и процессов.

Деловая визуализация – отображение наборов данных, относящихся к торговле, промышленности и другим ненаучным отраслям.

Что отличает эти визуализации от визуализации графиков и диаграмм:

- большие объемы исходной информации;
- изучение протекания процессов высокой сложности.

Численное компьютерное моделирование, спутниковые камеры и другие записывающие устройства → файлы, содержащие тысячи или миллионы значений.

Просмотр этих огромных наборов цифр с целью определения тенденций и взаимосвязей – утомительное и неэффективное занятие. Преобразование этих данных в визуальную форму → видны тенденции и общий рисунок.

Методика визуализации также используется для облегчения понимания и анализа сложных математических функций.

Распознавание и обработка изображений

Используется в

- системах искусственного зрения (зрение роботов и систем специального назначения);
- авиационной и космической картографии;
- системах распознавания текстов;
- оцифровке чертежей или схем (векторизация)
- растровая изобразительная графика (оцифровка и преобразование фотографий, рисунков)

В качестве исходного материала служат:

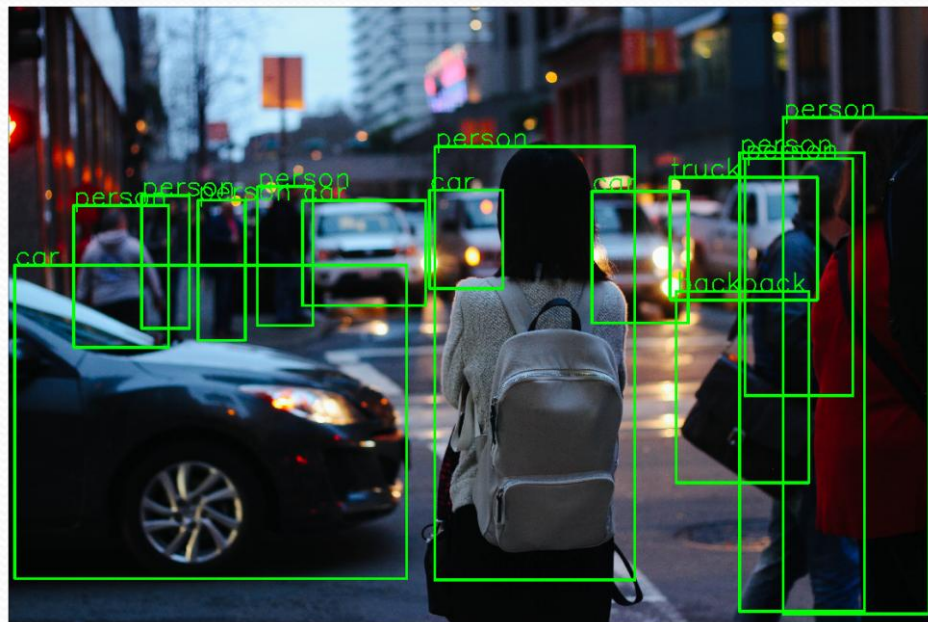
- отсканированные изображения;
- космические снимки;
- радиолокационные или инфракрасные изображения;
- ...

Цель распознавания:

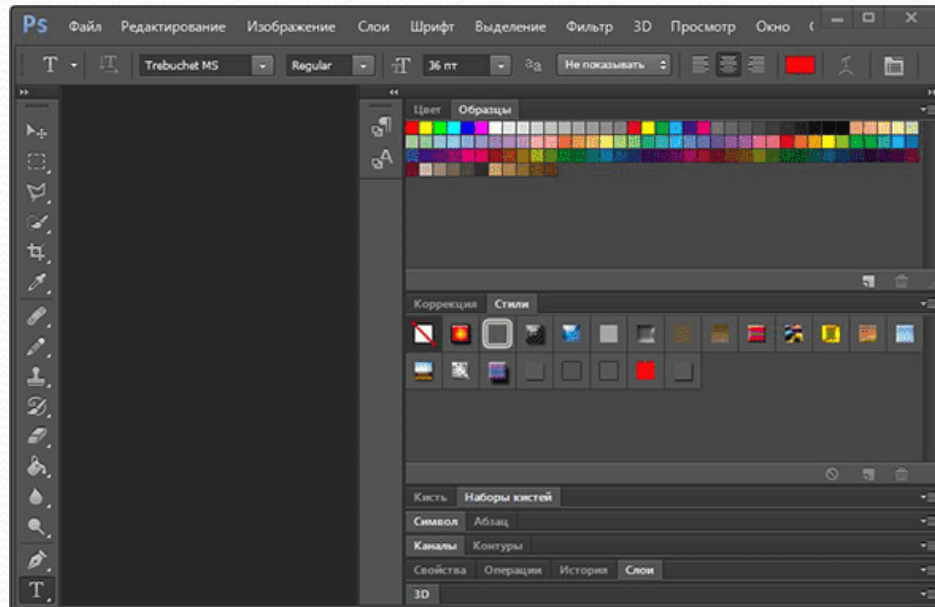
- выделение отдельных элементов (букв текста на изображении документа или условных знаков на изображении карты);
- классификация изображения в целом (распознавание воздушных аппаратов или установление персоны по отпечаткам пальцев).

Цель обработки:

- переместить отдельные части изображения;
- увеличить контрастность цветов;
- уменьшить шумы, повысить качество изображения;
- сжатие данных
- ...



Графические пользовательские интерфейсы (GUI)



Визуальная парадигма стала доминирующей в сфере взаимодействия пользователя с компьютером. Главный элемент графического интерфейса – это блок управления окнами, позволяющий пользователю видеть на экране многочисленные прямоугольные участки, которые называются окнами. Интерфейсы также служат для изображения меню или панели кнопок для выбора соответствующих действий и устройств указания, таких как мышь. Преимущество кнопок: занимают меньше места на экране, чем соответствующие текстовые описания, и при удачном дизайне их назначение можно понять намного быстрее. С точки зрения пользователя оконные операционные системы – Microsoft Windows, графические оболочки для Linux (типа X Windows), Mac OS отличаются только деталями.

Сейчас уже миллионы людей пользуются услугами Internet. Доступ к этой сети немыслим, без графических программ-браузеров, таких как Internet Explorer, Mozilla Firefox, которые используют, по сути, одни и те же графические средства интерфейса, также относящиеся к компьютерной графике.

Обучение



Создание различных тренажеров для практических занятий или обучения капитанов кораблей, пилотов самолетов, космонавтов, авиадиспетчеров, водителей автомобилей. Общепринятой практикой стало обучение пилотов с помощью систем моделирования реальной ситуации, как она видится из кабины самолета во время пилотирования, создание изображений виртуального динамического мира во всем его многообразии в реальном масштабе времени.

Результат - значительное снижение стоимости обучения, гарантируя при этом его высокое качество и безопасность.

Виртуальная реальность



Виртуальная реальность (VR – virtual reality) – комплекс аппаратных и программных средств имитации окружающей среды с помощью видео, аудио, тактильных и других эффектов.

Используется:

- специальный шлем с парой миниатюрных дисплеев, на экранах которых формируются разные изображения для правого и левого глаза для создания стереоэффекта. Положение и ориентация головы наблюдателя постоянно анализируется и соответственно изменяется изображение на экранах дисплеев.
- различные сенсоры, соприкасающиеся с телом;
- средства «влияния» на виртуальную среду - перчатки с датчиками, которые позволяют «брать» изображаемые предметы, передвигать и переворачивать их, взаимодействовать с ними различными способами.
- звуковое сопровождение.

В результате создается полная иллюзия погружения в виртуальную среду, наблюдатель чувствует себя участником происходящего. Это становится уже не только развлечением, но и инструментом для практического применения. Например, с помощью такой системы хирург может отработать методику проведения операции, космонавт может подготовиться к выходу в открытый космос и проведению ремонтных работ, водитель тяжелой техники освоить рычаги управления.

Архитектурное проектирование



Применение:

1. Анализ внешнего вида архитектурного сооружения до строительства в целях выбора облика здания, его согласованности с ландшафтом и исторической застройкой.
Просмотр реалистичной модели:
 - для наземного наблюдателя;
 - из окна;
 - с крыши;
 - с соседних зданий;
 - с вертолета.Подбор:
 - строительных материалов;
 - окраски и других оптических свойств стен;
 - освещение.
2. Создание планов этажей и квартир (расположение комнат, дверей, лестниц, выступов, стоек и других элементов здания).
Распределение пространства в офисе или в производственном помещении.
3. Расположение электропроводки, розеток, системы пожарной сигнализации и т.п.



Развлечения



Широкое применение в телевизионной продукции, кинофильмах и музыкальных клипах.

Графические изображения:

- дополняют игру живых актеров и реальные сцены;
- полностью заменяют «натурную» съемку.

Стоимость создания сравнима + спецэффекты, создания изображений компьютерных чудовищ, имитация стихийных бедствий и других элементов.

Компьютерное искусство



Применение:

- в изобразительном искусстве;
- в полиграфии (верстка, оформление).

Научная литература (много формул) – система верстки LaTeX.

Рисование картин. Использование графического планшета с пером, которое может имитировать различные мазки кистью, разную ширину кисти и разные цвета.