## Программа дисциплины «Инженерная и компьютерная графика»

##

## для направления 230100.62 «Информатика и вычислительная техника»

## подготовки бакалавра

## Автор программы:

## Королев Д. А., к.т.н., доцент, dkorolev@hse.ru

## Одобрена на заседании кафедры ИКТ «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2014 г

## Зав. кафедрой В. Н. Азаров

##

## Председатель [ ]

## Утверждена УС

## факультета Информатики и вычислительной техники «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014 г.

Ученый секретарь [Симонов В. П.] \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Москва – 2013 г.**

## 1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления подготовки 230100, изучающих дисциплину «Компьютерная графика».

Программа разработана в соответствии с ФГОС.

## 2. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Компьютерная графика» являются:

* Дать студентам базовые знания по устройству и принципам действия аппаратуры ввода, обработки и вывода графической информации,
* Дать навыки практического выполнения типовых операций в широком спектре относящихся к компьютерной графике задач.
* Представить спектр прикладных задач в области компьютерной графики, а так же методов и средств их решения, возможных областей приложения инженерной мысли.

## 3. Компетенции

В результате освоения дисциплины студент должен:

### 3.1. Знать

* Теории цветовосприятия
* Физические основы цвета и света,
* Цветовые модели и цветовой охват,
* Способы получения и формирования изображения
* Основные алгоритмы сжатия растровых изображений
* Устройство аппаратуры ввода, обработки и вывода изображений
* Методы работы с растровыми, векторными и трехмерными изображениями (проектами).
* Основы трехмерной графики и специфику аппаратной поддержки вычислений
* Основы видеотехнологий и видеокомпрессии

### 3.2. Уметь

* Обрабатывать фотоизображения (выделять объекты на растровом изображении, создавать композиции)
* Создавать фильтры для обработки растровых изображений
* Создавать простые программы фильтрации растровых изображений по определенным признакам
* Создавать и редактировать векторные изображения
* Создавать программы для конвертации в PDF
* Использовать графические библиотеки

### 3.3. Иметь навыки (приобрести опыт)

* Программирования растровых фильтров
* Обработки фотоизображений
* Создания композиций и верстки
* Работы с графическими библиотеками
* Создания шейдеров
* Видеокомпрессии
* Размещения графических и видео- материалов в Интернет

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Компетенция** | **Код** | **Дескрипторы** | **Формы и методы** |
| ОК-1 |  |  | Исследователькая часть в письменных работах |
| ОК-5 |  |  | Оформление отчёта по ГОСТам |
| ОК-6 |  |  | Самооценка, пиринговая оценка работ |
| ОК-12 |  |  | Резервирование, облачные сервисы и т.д. |
| ОК-13 |  |  | Анализ и форма взаимодействия — в web |
| ОК-14 |  |  | Англоязычные источники к публикациям обязательны, материалы курса на англ. |
| ПК-2 |  |  | Использование ПО и сервисов для проектов и экспериментов |
| ПК-6 |  |  | Согласно требованиям к отчетам и публикациям |
| ПК-7 |  |  | Согласно требованиям к представлению проекта и выступлениям на конференциях. |

## 4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к циклу дисциплин профессионального цикла и блоку дисциплин основной программы.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

* Физика
* Основы ЭВМ

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

* Базовая компьютерная грамотность
* Школьный курс физики и биологии

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

* Основы ИКТ
* Цифровая обработка сигналов
* Интерфейсы и периферийные устройства ЭВМ
* Видеотехнологии
* Медиатехнологии

## 5. Тематический план учебной дисциплины

Дисциплина читается в первом модуле на втором курсе.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Название раздела** | **Всего часов** | **Лекции** | **Практич. занятия** | **Самост. работа** |
| 1 | Выявление остаточных знаний | 4 | 2 | 0 | 2 |
| 2 | Физические основы КГ | 18 | 2 | 0 | 16 |
| 3 | Программное обеспечение КГ | 26 | 2 | 8 | 16 |
| 4 | Аппаратное обеспечение КГ | 10 | 2 | 0 | 8 |
| 5 | Видеоадаптеры и ускорители | 10 | 2 | 0 | 8 |
| 6 | Трёхмерная графика | 14 | 2 | 4 | 8 |
| 7 | Видеотехнологии | 22 | 2 | 4 | 16 |
| 8 | Тенденции развития КГ | 3 | 1 | 0 | 2 |
| 9 | Итоги и заключение | 1 | 1 | 0 | 0 |
|  | **ВСЕГО:** | **108** | **16** | **16** | **76** |

## 6. Формы контроля знаний студентов

Контроль знаний студентов проводится за 8 недель курса и 1 неделю сессии, как минимум, 16-18 раз (учитывая возможное отсутствие четвертой лабораторной работы), из них 6-9 раз — обязательных:

* 5 домашних тестов
* 3-4 лабораторных блиц-теста
* 3-4 отчета по лабораторной работе
* 2 эссе
* 2 кросс-проверки
* 1 зачетный тест

Лектор не имеет влияния на оценки студентов. Преподаватель по лабораторным работам оценивает только отчеты. Все остальные формы контроля или автоматические или коллективные (peer-review).

### 6.1. Обязательный текущий контроль

1. **Тестирование на лабораторных работах.** Проводится перед каждой лабораторной работой в присутствии преподавателя (электронный тест, 10-15 вопросов, максимум — 15 минут). Тест проводится только очно и только в день проведения лабораторных занятий (являются формой контроля посещаемости). Пропустившие по уважительной причине могут написать этот тест позже, по договоренности с преподавателем (на следующих лабораторных занятиях или в день зачета).
2. **Отчеты по лабораторным работам**. Принимаются в течение 7 (или 14, по решению ведущего преподавателя) календарных дней после аудиторных занятий, соответствует количеству проведенных занятий. Описывается выполнение поставленной задачи.

### 6.2. Необязательный текущий контроль

1. **Тесты по темам лекций.** Проводятся в электронном виде, проходятся самостоятельно в назначенный период времени, назначаются по окончании темы в курсе. Имеют наименьший вес и служат для самоконтроля студентам и для оценки вовлеченности студентов и понятности материала -- преподавателю. Всего проводится 5 тестов, включая входное тестирование и завершающий тест-отзыв по курсу.
2. **Эссе**. Письменная самостоятельная исследовательская работа, проверяемая методом peer review. Предлагается студентам дважды в течение курса. На выполнение каждой работы дается 7 дней, сроки уточняются перед каждым заданием.
3. **Кросс-рецензирование** (peer-review). Каждому студенту предлагается проверить 3 работы дважды в течение курса. Эти задания не яаляются обязательными, но невыполнение приводит к начислению отрицательных баллов. Рецензирование выполняется по четко прописанным правилам и некорректные рецензии отклоняются (действует система выборочного контроля преподавателем, описанная ниже).

### 6.3. Итоговый контроль

1. **Письменный экзамен.** Финальное тестирование проводится в присутствии преподавателя. Тест является необязательным для студентов с высокой накопленной оценкой (соответствующей 8 баллам и выше). Тест включает вопросы по всем темам курса, проводится в назначенный по расписанию сессии день, на выполнение дается 40 минут. Оценка за тест **прибавляется** к накопленной. Оценка может принимать отрицательные значения (заградительная мера против сдающих без подготовки).

### 6.4. Таблица форм контроля

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Тип контроля** | **Форма контроля** | **Параметры** |
| Текущий, на каждой лабораторной работе | Тест на лабораторной работе | Электронный тест в LMS, дается на 10-15 минут в аудитории. Таким образом фиксируется посещаемость практических занятий и определяется готовность студента к практической работе. Вопросы сформулированы на знание необходимой теоретической базы и понимание необходимых принципов. Проводится на всех лабораторных (практических) занятиях. |
| Текущий, после последней лекции темы (всего 5: после 1, 3, 4, 6, 8) | Домашний тест | Электронный тест в LMS выдается в качестве домашнего задания. Содержит те же вопросы, что на лекции или лабораторных занятиях, помимо этого может содержать вопросы расчетного характера, которые потребуют выполнения задач для получения ответа. Проводится 2-3 раза за модуль. |
| Текущий. 2-3 и 5-6 недели. | Эссе | Форма домашнего теста. Проверка эссе проводится в режиме peer review студентами курса. Проводится выборочная проверка работы рецензентов. Эссе пишется по окончании каждой темы (5-6 раз за модуль). |
| Текущий. В течение недели после лабораторной работы | Отчет по лабораторной работе | Отчет выполняется в соответствии с требованиями к оформлению отчетов (ГОСТ 7.32-2001), сдается после проведения лабораторной работы и оценивается по заданным критериям.  |
| Итоговый | Зачет | Проводится очно в виде электронного тестирования с. Итоговая оценка складывается из суммы оценки за итоговый тест и всех предыдущих оценок. |

### 6.5. Критерии оценки знаний, навыков

Задания разделяются на обязательные и дополнительные (необязательные). При этом, если не написано или просрочено обязательное задание, то баллы за него не начисляются, но выполнить его все равно необходимо.

Во всех формах отчетности выполнение сроков сдачи является обязательным, опоздание ведет к аннулированию баллов за данное задание.

Тесты оцениваются преимущественно автоматически, вопросы могут иметь различный вес или быть равновесными.

Для эссе и отчётов применяются оценки по критериям. Критерии указываются при выставлении задания студентам, критерии приводятся в **Приложении 1.**

Для работ, проверяемых по принципу peer review, обязательно формулируются чёткие критерии оценки с детализацией соответствия каждой оценки определенному уровню выполнения по заданному критерию (см. примеры 1-3 выше).

### 6.6. Порядок формирования оценок по дисциплине

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по 10-балльной шкале и формируется из суммы всех полученных ранее оценок, при этом, сумма всех возможных баллов, которые может получить студент за время изучения дисциплины заведомо превышает необходимый для получения итоговых 10 баллов уровень, в курсе так же есть задания обязательные и необязательные. Сумма максимальных баллов за обязательные задания позволяет получить оценку “отлично”, дополнительные задания позволяют сделать упор на творческую работу. В то же время, введены заградительные меры против сдачи несодержательных и списанных работ, а так же сдачи зачета “на удачу”. Благодаря таким мерам обеспечивается повышенное качество кросс-рецензирования путем статистического превосходства количества рецензентов над количеством авторов.

При формировании промежуточной оценки субъективное мнение преподавателя имеет незначительное влияние, так как множество полученных в течение модуля оценок выставляется или автоматически по итогам различных тестов, или независимыми рецензентами из числа студентов, изучающих ту же дисциплину. Оценки, выставляемые преподавателем, так же присутствуют в формуле расчета, но не являются решающими, если студент выполняет не только обязательный минимум задач.

Учет посещаемости в явном виде не предусмотрен, но проводимые на практических (лабораторных) занятиях тесты могут быть оценены только при условии, что они написаны непосредственно на занятиях. Исключение составляют пропуски по уважительной причине -- для таких студентов будет назначена отдельная дата тестирования в конце модуля или предложено пройти тест на зачете. Таким образом, в явном виде учитываются только оценки за выполненные работы и дополнительные активности.

Для удобства расчета студентам предлагается набрать 100 условных баллов для получения итоговой оценки “10” и пропорционально -- для получения других оценок. Набравшие меньше 35 баллов считаются неуспевающими. Каждая работа оценивается в определенное количество баллов (указывается максимально возможная оценка, выставляемая оценка может быть ниже в зависимости от уровня выполнения задания).

### 6.7. Весовые значения для различных видов работ (заданий):

* Тесты (домашние) 2
* Блиц-тесты на лабораторных работах 5
* Эссе (по желанию. Несданная работа = 0 баллов) -5..14
* Защита лабораторной работы (обязательно 4 работы) 30
* Проверка (рецензирование) работы, за единицу.
(По желанию, несданная работа = -3 балла) -3...6
* Зачет (тест) -10...20

### 6.8. Эссе

Эссе предлагается студентам в качестве дополнительной необязательной работы и включает небольшое исследование по предложенной теме. Назначение тем производится автоматически генератором случайных чисел.

При написании эссе учитывается не только содержание, но и форма. В то же время, студент может сам выбирать, на что сделать упор в своей работе, система оценки позволяет сосредоточиться на исследовании, таким образом, получив баллы за содержание, или на оформлении, соответственно, получив баллы за форму.

Критерии оценки эссе см. в Приложении.

### 6.9. Рецензирование и оценка

Рецензия на работу представляется студентом в виде заполнения формы, содержащей оценки и комментарии к ним, в конце формы предлагается так же ввести некоторые численные характеристики проверяемой работы. При расчете оценки работы по рецензиям во внимание принимаются только выставленные оценки. Комметарии рассматриваются в случае претензий к рецензии.

Назначение рецензентов производится генератором случайных чисел.

Оценка эссе проводится студентами по принципу peer review: каждому студенту назначается 3 сданные работы, а оценка проводится по четырем критериям (два по содержанию по шкале от 1 до 6 и два по форме по шкале от 1 до 4), в которых каждый выставляемый балл имеет текстовое описание.

Далее рецензии сравниваются и высчитывается отклонение от средней оценки за данную работу. Работы, для которых получены большие отклонения, проверяются преподавателем и для них формируется такая же четырехкомпонентная оценка. Оценки рецензентов сравниваются с экспертной в доверительном интервале ±1 балл. Если оценки рецензентов выходят из доверительного интервала в более чем 50% случаев, такие рецензии аннулируются и за них выставляется минимальный балл (-3). Минимальный балл выставляется так же за невыполненную рецензию.

Просроченные работы приравниваются к невыполненным и не приносят баллов студенту, но это не отменяет необходимости успешной сдачи работ обязательного минимума.

Формула для расчета накопленной оценки:

$O\_{накопленная}=\frac{1}{10}⋅\left(Σ O\_{видов работ}\right)$

100 баллов по шкале курса = 10 баллам ВШЭ.

Виды работ:

1. Тесты (домашние)
2. Блиц-тесты (аудиторные)
3. Эссе
4. Рецензирование

Итоговая оценка вычисляется **из суммы** накопленных баллов и баллов, полученных за зачет. Оценка выставляется путем арифметического округления полученных баллов.

$O\_{итоговая}=O\_{накопленная}+ О\_{экзаменационная}$

Итоговая оценка округляется арифметически и записывается в пределах 0-10 баллов. Оценки, превышающие десяти баллов приравниваются к десяти баллам, оценки ниже нуля приравниваются к нулю.

## 7. Содержание дисциплины

### 7.1. Постановочная лекция.

* Знакомство
* Представление курса (8 лекций, 4 лабораторные работы)
* Система оценок и формы промежуточного и итогового контроля. Сроки и требования.
* Места публикации материалов и форма общения и обратной связи. Рабочая программа и дополнительные методические материалы по курсу.
* Дополнительная активность, оцениваемая в общем зачёте.
* Бумажный тест на фоновые знания.

### 7.2. Физические основы компьютерной графики.

* Свет и цвет. Спектр видимого света, разложение в цвет.
* Цветовой круг.
* Температура цвета.
* Цветовосприятие человеком. Теории цветового восприятия.
* Цветовые модели и их классификация. Цветовой охват.
* Примеры, сравнение, ограничения, применимость цветовых моделей.
* Цвет в различных приложениях (веб-цвета, печатные/непечатные).
* Разрешающая способность. Разрешение печатного и экранного изображения. Диаграмма стандартов видеоразрешений.

### 7.3. Программное обеспечение компьютерной графики

* Классификация: векторная, растровая графика. Текст и шрифт. Анимация, видео.
* Особенности векторной и растровой графики.
* Основные программные пакеты.
* Сжатие изображений, основные форматы и алгоритмы сжатия (rle, lzw, jpeg). (Можно Хаффмана вспомнить).
* Алгоритмы обработки изображений (резкость, контрастность... например, медианный фильтр или размытие -- это было на Курсере).

### 7.4. Аппаратное обеспечение компьютерной графики. Часть 1 -- о разном.

* Устройства ввода (фотокамера, видеокамера, сканер, 3д-сканер, тепловизор, мышь, перо, тачпад, тачскрины всех видов)
* Устройства вывода (лазерный, струйный, матричный, сублимационный, термо-принтер, 3д принтер, плоттер, дисплей ЖК, ЭЛТ, проектор, 3д-проекторы и дисплеи, лазерные световые установки, очки дополненной реальности).
* Обработка графики: критичные компоненты компьютера (процессор, оперативная память, жесткий диск, видеокарта и ускоритель, сетевой интерфейс, системная шина)

### 7.5. Часть 2: Видеоадаптеры и ускорители.

* Что такое видеоадаптер и зачем он нужен в машине
* История и эволюция видеокарт
* Устройство современных видеокарт
* CUDA и OpenCL
* Параллельные вычисления на видеокартах
* Вычислительные кластеры на видеокартах. Системы охлаждения

### 7.6. Трехмерная графика.

* Что такое 3D графика. Экскурс в историю
* Конвеер рендеринга (Z-буффер. Методы работы с 3Д объектами: поворот, Scale, перемещение. Линейная алгебра.
* Алгоритм триангуляции
* Алгоритмы текстурирования
* Алгоритмы обработки световых потоков
* Шейдеры и HLSL
* Дополнительные алгоритмы обработки изображения (Anti-Aliasing, Анизотропная фильтрация и сглаживание, Motion Blur, Depth of Field, HDR)

### 7.7. Видеотехнологии

* Видео и телевидение: вещание и запись. Причины появления строк, чересстрочной развертки и тд.
* Стандарты видео и их сравнение.
* Кодирование цифрового видео: MPEG, кодирование цвета и т.д.
* Линейный и нелинейный видеомонтаж.

### 7.8. Заключение.

* Основные направления бурного развития в области КГ. Обзор, примеры.
* Подведение итогов, статистика, выводы, запрос обратной связи от студентов.
* В заключение -- анонс курса "Введение в ИКТ".

### 7.9. Лабораторная работа 1. Растровая графика

* Алгоритмы растровой графики (растеризация геометрических построений, работа с цветом)
* Форматы растровых файлов
* Типы сжатия растровых изображений
* Алгоритмы фильтрации растровых изображений (резкость, контрастность, искажение, размытие и т.п.)

### 7.10. Лабораторная работа 2. Векторная графика

* Алгоритмы векторной графики (работа с формой, цветом, положением объектов)
* Кривые Безье
* Форматы векторных файлов
* Алгоритмы работы с векторными объектами
* Функции в векторной графике
* Работа с PDF

### 7.11. Лабораторная работа 3. Трехмерная графика

* Алгоритмы работы с трёхмерными объектами (поворот, перемещение, изменение размера)
* Полигональная и воксельная графика
* Текстурирование
* Алгоритмы работы с освещением
* Языки шейдеров

### 7.12. Лабораторная работа 4. Веб-графика[[1]](#footnote-1)

* Реализация растровой, векторной и трёхмерной графики в веб
* Языки создания и представления трёхмерных объектов в веб
* Работа с растровыми объектами и прозрачностью в веб
* Основы CSS 3 и HTML 5 при работе с графическими объектами и видео

## 8. Образовательные технологии

Курс читается как очно, так и активно поддерживается через веб-ресурсы. К сожалению, LMS ВШЭ показала непригодность для своевременной и полноценной информационной поддержки курса и используется минимально, туда дублируются конспекты и презентации. Полная поддержка в 2013 году проводилась на базе Google Blogger (публикация материалов, сообщений, заданий, оценок и статистики), Google Forms / Google Spreadsheets (для проведения тестирования и анкетирования, регистрации работ и всех сопутствующих вычислений и представления оценок), Google Drive (для хостинга материалов курса), SlideShare (для хостинга презентаций). Тесты на лабораторных работах проводятся для подгрупп, в остальное время закрыты. Прием работ проводится через формы, что позволяет автоматически вести учет в структурированной форме и исключить потери писем. Все заявленные сроки соблюдаются с точностью до секунды – задержавшиеся работы не оцениваются.

Выше описаны технологии кросс-рецензирования и выявления невалидных рецензий. Практика применения показала дееспособность статистических методов выявления некачественных рецензий при массовой проверке превосходящим числом рецензентов (1:10-1:20).

Система оценки накопительная, недостатки такого подхода (любая работа, даже некачественная, приносит баллы) компенсированы введением отрицательных баллов в диапазонах оценки. В то же время, введены обязательные и необязательные задания. Таким образом, студент может выбирать траекторию обучения или наверстывать отставание за счет необязательных заданий. Этот выбор так же дает выбор приоритетного развития.

Так же, система оценки выстраивает мотивационную схему, при которой блокируются заведомо недобросовестные работы и создаются условия для немногих, но действительно желающих писать исследовательские работы, стимулируется участие в рецензировании, в то же время, рецензии находятся под контролем лектора.

Статистика предыдущего курса показала, что из лишь 11% студентов не набрали проходной балл, из них треть -- уже отчисленные к моменту зачета по итогам предыдущего года.

### Информационная поддержка курса

* Адрес сайта поддержки курса в 2013 году: <http://cg-2013.blogspot.ru/>

## 9. Источники

## Учебники:

1. **Петров М. Н. “**[**Компьютерная графика**](http://books.google.ru/books/about/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0.html?id=43E7dJ2dCesC&redir_esc=y)**” 3е издание, учебник для вузов +диск.**
2. Васильев В. Е., Морозов А. В. [Компьютерная графика](http://www.ict.edu.ru/ft/005415/nwpi237.pdf). Учебное пособие. 2005.
3. Абрамов А. Е. [Компьютерная графика](http://mirknig.com/knigi/design_grafika/1181535762-kompyuternaya-grafika.html). Учебно-методический комплекс. 2009.
4. Миронов Д. [Компьютерная графика в дизайне](http://mirknig.com/knigi/design_grafika/1181614150-kompyuternaya-grafika-v-dizayne.html). 2008.
5. Соснин Н. В. [Компьютерная графика](http://mirknig.com/knigi/nauka_ucheba/1181541361-kompyuternaya-grafika.html) (математические основы) УМК. 2008.
6. Божко А. Н. и др. [Компьютерная графика.](http://mirknig.com/knigi/design_grafika/1181615967-kompyuternaya-grafika.html) МГТУ, 2009. По курсу МГТУ.
7. Панов Е. А. Познание цвета. Равнозначность цвета в цифровых системах. 2009. ([магазин](http://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=60508))
8. Thomas Strothotte and Stefan Schlechtweg [Non-Photorealistic Computer Graphics](http://82.179.249.32:2051/science/book/9781558607873) 2002.
9. McGraw-Hill. Standard Handbook of Video and Television Engeneering. 2003.

## MOOC:

1. 07-10-2013 6 weeks [CS-184.1x: Foundations of Computer Graphics](http://www.eclass.cc/courses/edx_uc_berkeleyx_cs_184_1x_foundations_of_computer_graphics) UC BerkeleyX
2. 03-09-2013, semester [Introduction to Computer Graphics](http://www.eclass.cc/courses/harvard_extension_school_introduction_computer_graphics) Harvard Extension School
3. (passed) [Foundations of Computer Graphics](https://www.edx.org/course/uc-berkeley/cs184-1x/foundations-computer-graphics/576) UC BerkeleyX
4. (passed) [Image and video processing: From Mars to Hollywood with a stop at the hospital](http://www.eclass.cc/courses/coursera_images_image_and_video_processing_from_mars_to_hollywood_with_a_stop_at_the_hospital) Duke University.
5. (anytime) [Interactive 3D Graphics](https://www.udacity.com/course/cs291). Udacity
6. (anytime) [Computational Camera and Photography](http://ocw.mit.edu/courses/media-arts-and-sciences/mas-531-computational-camera-and-photography-fall-2009/index.htm), MIT OCW
7. (future) [Fundamentals of Digital Image and Video Processing](https://www.coursera.org/course/digital) Coursera

# Приложение

Критерии оценки письменных работ: <http://urlid.ru/bjv7>

1. При доступности по времени. В случае накладок и неуспеваемости по предыдущим работам не проводится или проводится без требования отчетности. [↑](#footnote-ref-1)