唐老狮系列教程

高斯模糊基本原理

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

主要讲解内容

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

主要讲解内容

1. 卷积 知识回顾
2. 高斯模糊效果是什么
3. 高斯模糊效果的基本原理
4. 高斯模糊效果的计算公式优化
5. 高斯模糊效果的计算方式优化

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

卷积知识回顾

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-边缘检测基本原理

卷积知识回顾

卷积 就是利用一个 N x N 的**卷积核（滤波核）**，

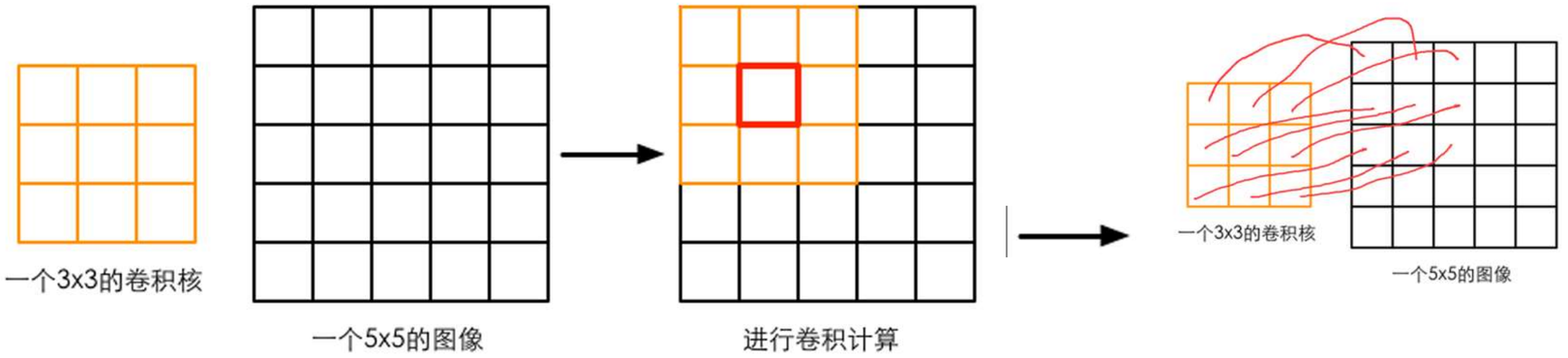
和图像中 **目标像素及其周围像素信息** 进行 **对位相乘后相加的结果**

我们上节课学习的边缘检测，只是卷积在图形学中的其中一种应用而已，它还可以用来完成其他效果的制作

注意：

1.卷积核一般为 **奇数 x 奇数** 大小，主要原因是需要进行**中心对齐以及保持对称性**

2.卷积核在**图像边缘计算**时，会缺少周围像素，常见处理方法有**零填充、镜像填充、循环填充**等





唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果是什么

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果是什么

高斯模糊效果，是一种

用于**平滑图像并减少图像噪声和细节**的图像处理技术

高斯模糊的主要目的是**使图像的边缘和细节变得模糊和平滑**

高斯模糊相当于利用 Shader 代码自动给屏幕图像进行模糊处理

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的基本原理

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的基本原理

一句话概括Unity Shader中实现高斯效果的基本原理：

高斯模糊是利用 高斯函数 计算出 高斯滤波核 中每个元素并进行归一化处理后，再和目标像素通过 卷积 计算后得到最终的效果

关键知识点：

高斯函数，高斯滤波核，归一化处理

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的基本原理 —— 高斯滤波核

高斯滤波核也称为高斯核，它其实就是**一个 N x N 的卷积核**

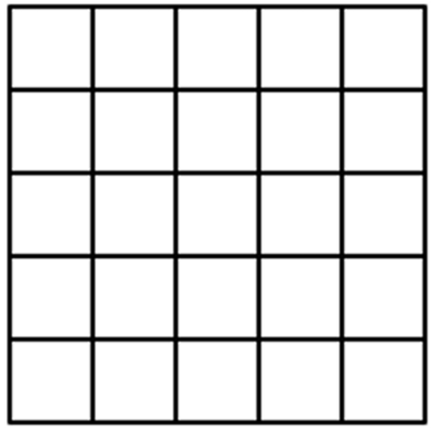
它的**大小可以自定义**，但是一般**会是一个 奇数 x 奇数** 的大小

通常会是一个 3x3 、5x5、7x7、9x9 的大小

滤波核越大，模糊效果越明显

从效果和效率综合考虑，我们通常会使用 5x5 的大小

高斯滤波核中各元素的具体值，我们通过**高斯函数**来确定



WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的基本原理 —— 高斯函数

高斯函数是由德国数学家和物理学家

卡尔·弗里德里希·高斯（Carl Friedrich Gauss）提出的。

我们将使用**二维高斯函数**来计算高斯模糊效果中的卷积核

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

σ 是标准方差，一般取值为1即可

x 和 y 是相对于高斯核中心的整数距离

e 是自然对数的底 ≈ 2.71828

π 是圆周率 ≈ 3.14159

-2,2	-1,2	0,2	1,2	2,2
-2,1	-1,1	0,1	1,1	2,1
-2,0	-1,0	0,0	1,0	2,0
-2,-1	-1,-1	0,-1	1,-1	2,-1
-2,-2	-1,-2	0,-2	1,-2	2,-2

0.0029	0.0131	0.2154	0.0131	0.0029
0.0131	0.5855	0.0965	0.5855	0.0131
0.2154	0.0965	0.1592	0.0965	0.2154
0.0131	0.5855	0.0965	0.5855	0.0131
0.0029	0.0131	0.2154	0.0131	0.0029

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

高斯模糊效果的基本原理 —— 归一化处理

右图是我们刚才利用高斯函数得到的高斯滤波核

但是我们并没有对它进行归一化处理

所谓**归一化处理就是**让该卷积核中

各元素值 / 所有元素总和

使其所有元素的和为1

这样是为了避免在卷积计算过程中引入额外的亮度变化或偏差

举例：假设一个3x3的卷积核，如果不进行归一化，卷积会将图像的亮度放大9倍，归一化后卷积核为1，图像亮度将保持不变

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}$$

0.0029	0.0131	0.2154	0.0131	0.0029
0.0131	0.5855	0.0965	0.5855	0.0131
0.2154	0.0965	0.1592	0.0965	0.2154
0.0131	0.5855	0.0965	0.5855	0.0131
0.0029	0.0131	0.2154	0.0131	0.0029

0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0219	0.0983	0.1621	0.0983	0.0219
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的基本原理

高斯模糊是利用 高斯函数 计算出 高斯滤波核 中每个元素并进行归一化处理后，
再和目标像素通过 卷积 计算后得到最终的效果

-2,2	-1,2	0,2	1,2	2,2
-2,1	-1,1	0,1	1,1	2,1
-2,0	-1,0	0,0	1,0	2,0
-2,-1	-1,-1	0,-1	1,-1	2,-1
-2,-2	-1,-2	0,-2	1,-2	2,-2

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

0.0029	0.0131	0.2154	0.0131	0.0029
0.0131	0.5855	0.0965	0.5855	0.0131
0.2154	0.0965	0.1592	0.0965	0.2154
0.0131	0.5855	0.0965	0.5855	0.0131
0.0029	0.0131	0.2154	0.0131	0.0029

归一化

0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0219	0.0983	0.1621	0.0983	0.0219
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030

注意：高斯滤波核中的数值是定死的规则，可以直接写死参与计算，
不用在代码中用高斯函数计算，会浪费性能

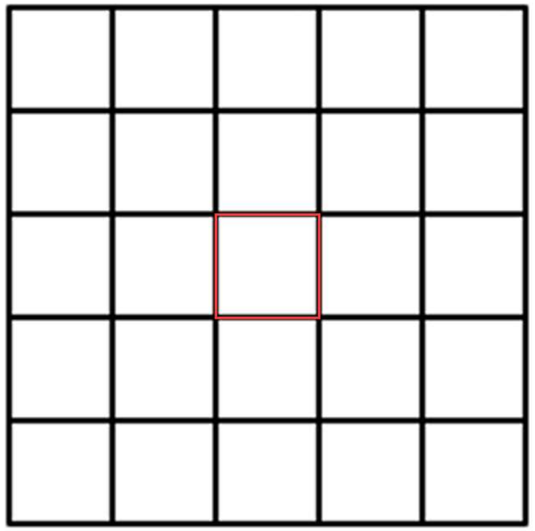
唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的基本原理

也就是说，我们**利用**计算出来的这个**高斯滤波核**（高斯核 或 卷积核 或 滤波核）

和对应的像素点进行卷积计算，便可以**得到**最终该像素**高斯模糊**后的结果

0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0219	0.0983	0.1621	0.0983	0.0219
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030



一个5x5的图像



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算公式优化

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

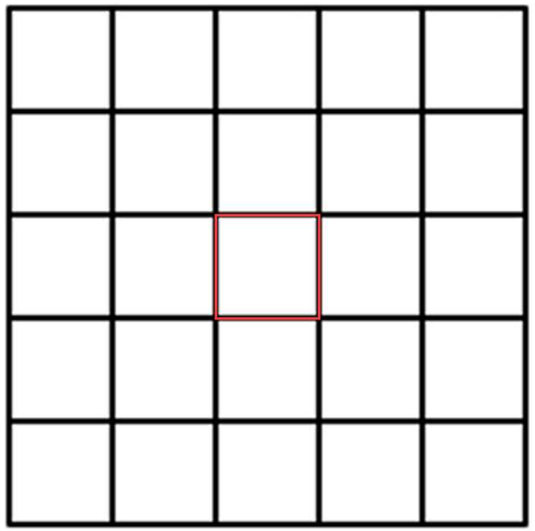
高斯模糊效果的计算公式优化

潜在问题抛出：

如果我们直接基于它的基本原理进行计算，计算效率是较低的

因为对于一张 **长W，宽H** 的图像，会进行 **5 * 5 * W * H** 次纹理采样的颜色计算

0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0219	0.0983	0.1621	0.0983	0.0219
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030



一个5x5的图像

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算公式优化

为了降低计算次数，我们可以**利用二维高斯函数的数学特性 —— 可分离性**

即 **二维高斯函数可以表示为两个一维高斯函数的乘积**

从而大幅减少计算量

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} = G(x)\cdot G(y) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}\right)\cdot\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}\right)$$

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$$G(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}$$

Gx 和 Gy 可以分别代表沿x轴和y轴的一维高斯函数

我们只需要让每个像素分别

与 Gx 进行水平卷积计算， 与Gy进性垂直卷积计算

再将最终的计算结果相乘即可得出和之前一样的结果

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算公式优化

因此我们可以利用这两个一维高斯函数，得到相同的卷积核结果

一个是水平方向的，一个是竖直方向的，但是内容一致

-2,2	-1,2	0,2	1,2	2,2
-2,1	-1,1	0,1	1,1	2,1
-2,0	-1,0	0,0	1,0	2,0
-2,-1	-1,-1	0,-1	1,-1	2,-1
-2,-2	-1,-2	0,-2	1,-2	2,-2

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$$G(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}$$

0.0545	0.2442	0.4026	0.2442	0.0545

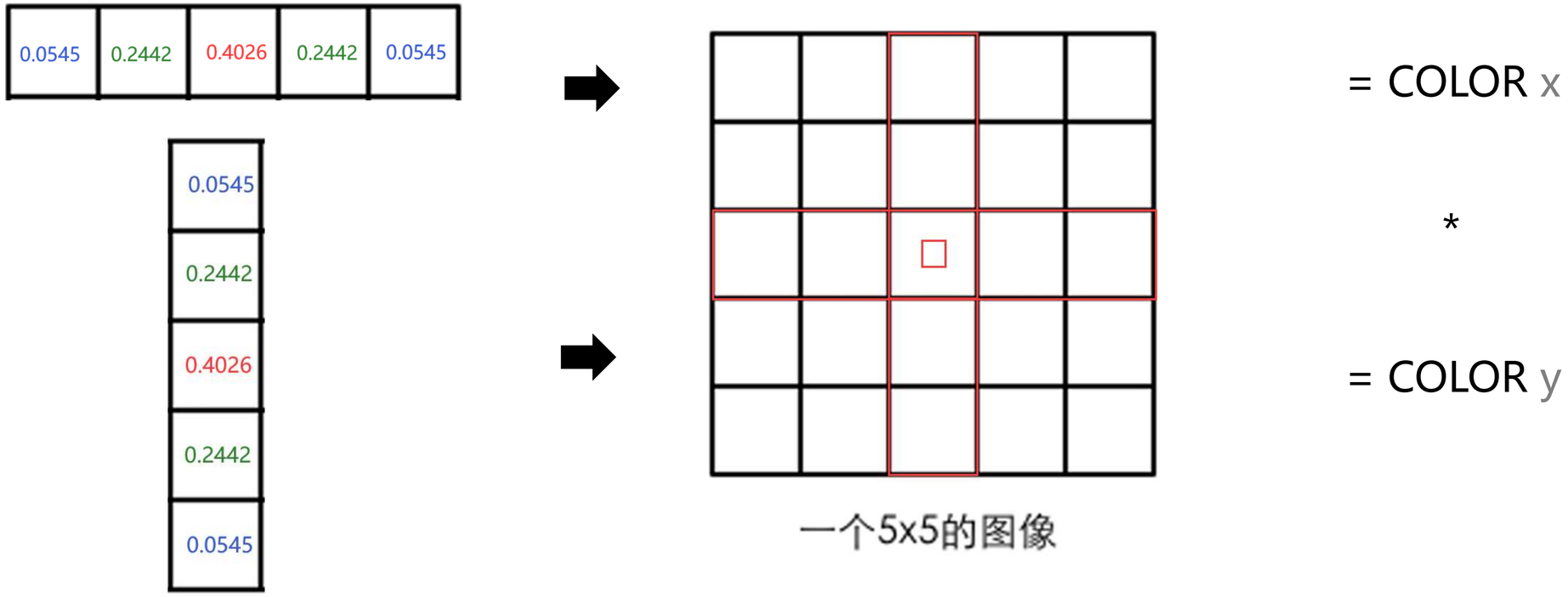
0.0545
0.2442
0.4026
0.2442
0.0545

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算公式优化

也就是说，我们可以**利用**计算出来的这两个**一维高斯滤波核**（高斯核 或 卷积核 或 滤波核）

和对应的像素点进行卷积计算，再将两个结果相乘，便可以**得到**最终该像素**高斯模糊**后的结果



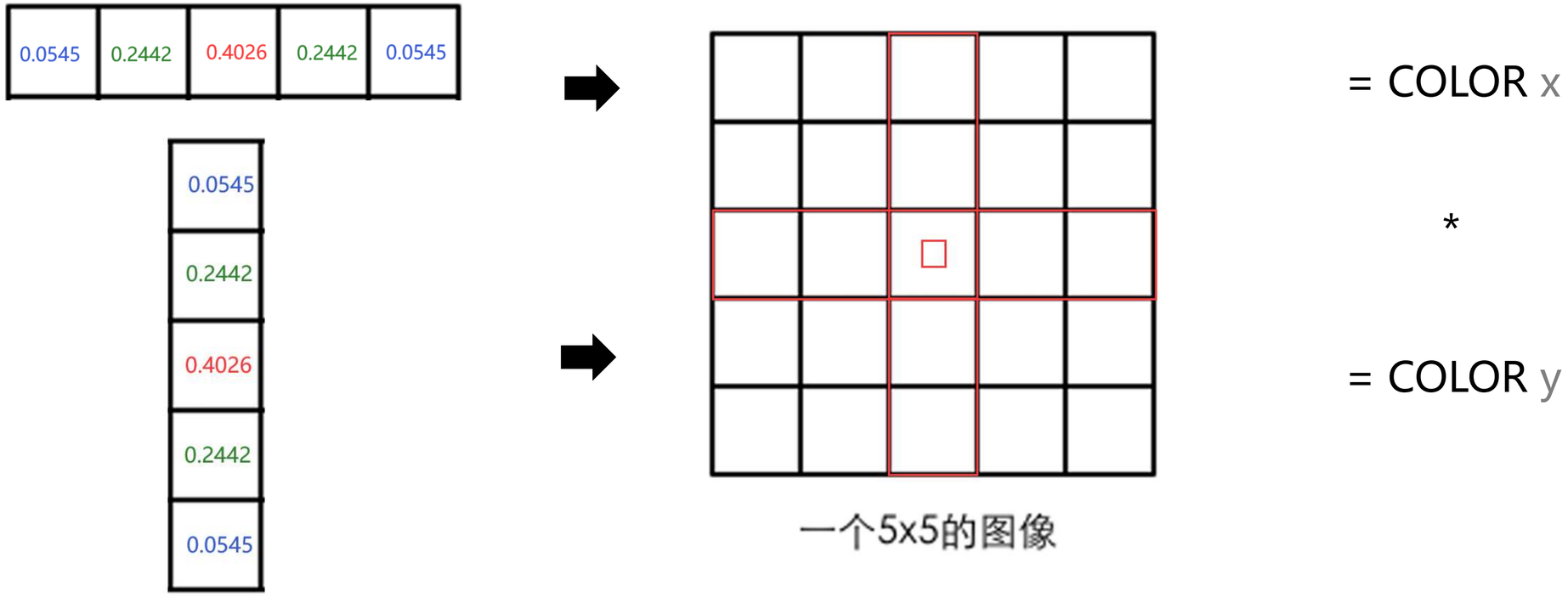
WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算公式优化

通过对计算公式的优化，我们将原本需要 **N * N * W * H** 的计算次数（N为高斯核大小）

优化为了 2 * N * W * H，相当于将时间复杂度从 O(n²) 降低到了 O(n)





唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算方式优化

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算方式优化

我们刚才的知识点中提到，如果**想要图片越模糊**，那么**需要扩大高斯滤波核的大小，越大越模糊**

但是同样通过刚才的基础原理和计算公式优化的讲解大家能够感受到，如果通过扩大高斯滤波核的大小来达到更模糊的目的，付出的代价就是会更加消耗性能。

因此在Shader中我们不会提供控制高斯滤波核大小的参数，我们的滤波核**始终会使用5x5大小的。**

因此，我们就只能使用其他方式来控制模糊程度了，我们一般会使用以下三种方式：

1.控制缩放纹理大小

2.控制模糊代码执行次数

3.控制纹理采样间隔距离



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

高斯模糊效果的计算方式优化

1.控制缩放纹理大小

高斯模糊的目的是让源纹理看起来模糊，那么我们完全可以缩放源纹理

Shader从更小的主纹理中进行采样，尺寸小了，自然计算的也少，也能更模糊

2.控制模糊代码执行次数

我们可以在OnRenderImage中多次执行Shader代码在模糊的基础上更加模糊，

对源纹理，进行多次迭代模糊处理

3.控制纹理采样间隔距离

我们在Shader中进行uv采样时，可以自己控制采样像素的间隔位置，

而不是只以一个单位来计算间隔，具体间隔几个单位，我们可以自定义

通过这种方式也能增加模糊程度

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

总结

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

总结

1. 卷积 知识回顾

   卷积 就是利用一个 N x N 的**卷积核（滤波核）**，

   和图像中 **目标像素及其周围像素信息** 进行 **对位相乘后相加的结果**

2. 高斯模糊效果是什么

   用于**平滑图像并减少图像噪声和细节**的图像处理技术

   相当于利用 Shader 代码自动给屏幕图像进行模糊处理

3. 高斯模糊效果的基本原理

   高斯模糊是利用 高斯函数 计算出 高斯滤波核 中每个元素并进行归一化处理后，

   再和目标像素通过 卷积 计算后得到最终的效果

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY

唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

总结

4. 高斯模糊效果的计算公式优化

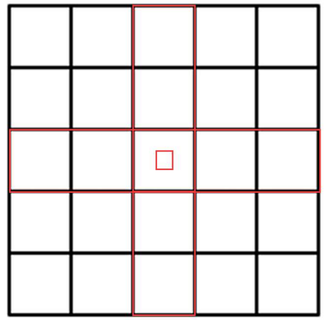
-2,2	-1,2	0,2	1,2	2,2
-2,1	-1,1	0,1	1,1	2,1
-2,0	-1,0	0,0	1,0	2,0
-2,-1	-1,-1	0,-1	1,-1	2,-1
-2,-2	-1,-2	0,-2	1,-2	2,-2

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$$G(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}$$

0.0545	0.2442	0.4026	0.2442	0.0545

0.0545
0.2442
0.4026
0.2442
0.0545



一个5x5的图像

= COLOR x

*

= COLOR y

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY



唐老狮系列教程-高斯模糊基本原理

总结

4. 高斯模糊效果的计算方式优化

4-1.控制缩放纹理大小

高斯模糊的目的是让源纹理看起来模糊，那么我们完全可以缩放源纹理

Shader从更小的主纹理中进行采样，尺寸小了，自然计算的也少，也能更模糊

4-2.控制模糊代码执行次数

我们可以在OnRenderImage中多次执行Shader代码在模糊的基础上更加模糊，

对源纹理，进行多次迭代模糊处理

4-3.控制纹理采样间隔距离

我们在Shader中进行uv采样时，可以自己控制采样像素的间隔位置，

而不是只以一个单位来计算间隔，具体间隔几个单位，我们可以自定义

通过这种方式也能增加模糊程度



唐老狮系列教程

Thank

谢谢您的聆听

WELCOME
TO THE
UNITY
SPECIALTY COURSE
STUDY