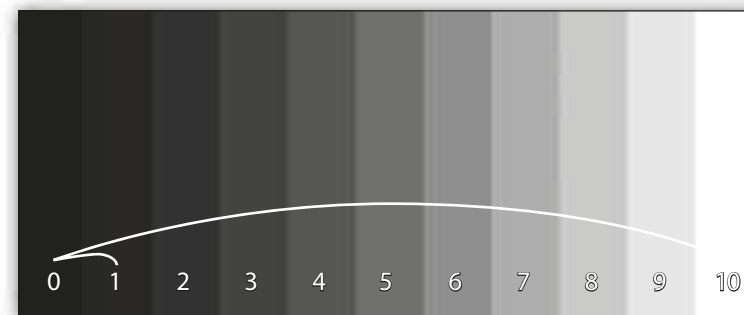




Než budeme moci zvednout oponu a představit vytváření obrazů s vysokým dynamickým rozsahem, musíme nejprve osvětlit některé základní pojmy. Tyto pojmy jsou nezbytné pro pochopení našeho tématu a používají se v celé knize



◀ Testovací obrázek s kontrastním poměrem 10:1

1.1 Základní otázky

Co je to dynamický rozsah? Dynamický rozsah (DR) je nejvyšší celkový kontrast, který můžete v daném obraze najít.

Často se také hovoří o kontrastním poměru, ovšem tento pojem je méně výstižný a nezní tak „skvěle odborně“. Stejně jako v případě jakéhokoliv jiného poměru se jedná o hodnotu zapsanou například takto: 500 : 1. Tato čísla znamenají, že největší kontrast v obraze je 500krát vyšší než kontrast nejmenší. Černou v obraze přitom považujeme za základ stupnice jasů, za hodnotu 0, a nejmenší kontrast bude mezi ní a hodnotou, která se liší o právě nejmenší rozpoznatelnou hodnotu jasu.

Jste zmateni? Dobrá, začneme znovu. Podívejme se nejprve na nejmenší kontrast v obraze. Nakreslil jsem velmi jednoduchý testovací obrázek. Pokud pruh zcela vlevo značí náš nulový bod, pruh 1 by byl prvním krokem s vyšší hodnotou jasu – tím je určen základní kontrast 1. Nyní můžeme říci, že krajní pruhy 0-10 mají desetkrát vyšší kontrast než je kontrast nejmenší. Takže kontrastní poměr tohoto obrázku – tedy jeho dynamický rozsah – je 10:1.

Důležité je si zapamatovat, že DR (dynamický rozsah) vždy závisí na dvou faktorech: na celkovém rozsahu jasů a na jejich nejmenším zaznamenaném kroku. Dynamický roz-

sah mého obrázku bychom mohli zvýšit, pokud bychom rozlišili menší kroky změny jasu, nebo pokud bychom nějak přidali další pruh, který by byl jasnější než pruh 10 nebo naopak tmavší než pruh 0.

Taková je jednoduchá definice dynamického rozsahu, založená na prosté logice. Budeme ji potřebovat později, kdy budeme mluvit o tom, jak počítač vidí obraz. Fotografové a kameramani dávají přednost jinému vyjádření: měřili by dynamický rozsah pomocí rozdílu expozičních hodnot různých míst v obraze, pomocí stupňů expozice.

Jaké stupně expozice zase? Expoziční hodnota (EV, Exposure Value), je fotografické měřítko pro množství světla, které se dostane objektivem a zasáhne fotocitlivou vrstvu filmu nebo snímáče. Toto množství světla závisí na rychlosti závěrky a velikosti clony. (Ke změně množství světla mohou být také použity neutrální filtry, takže i ony expozici ovlivňují.) Změna expozice o jeden stupeň (1 EV) znamená změnu množství světla na polovinu (případně obráceně na dvojnásobek).

V praxi se místo stupně expozice velmi často říká „o jednu clonu“ (a obvykle se ale udává „clonové číslo“). Ovšem expozice je záležitostí i rychlosti závěrky. Abychom se vyhnuli možným nedorozuměním, budu v celé knize používat stupně expozice, např. 1 EV.

		Clona												
		f/1	f/1.4	f/2	f/2.8	f/4	f/5.6	f/8	f/11	f/16	f/22	f/32	f/45	f/64
Expoziční časy [s]	15	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	8	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1/4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1/8	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1/15	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1/30	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	1/60	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	1/125	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	1/250	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1/500	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	1/1000	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	1/2000	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	1/4000	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Mezinárodní standardizační organizace (ISO) definuje EV 0 jako expoziční hodnotu při cloně f/1 a expozičním čase 1 sekunda. Tutěž expozici docílíte mnoha různými kombinacemi clony a expozičního času, např. f/1.4 a 2 sekundy. To proto, že změna clony z f/1 na f/1.4 je vlastně zmenšení otvoru mezi lamelami clony na polovinu. Zdvojnásobením expozičního času povolíte průchod původního množství světla. Výše uvedená tabulka znázorňuje expoziční hodnoty tak, jak jsou definovány pro film s citlivostí ISO 100. Tato tabulka byla nezbytnou součástí vybavení fotografů už odnepaměti.

S příchodem automatických expozimetrů přestala být tabulka nutným vybavením. Vše, co v některých fotoaparátech zůstalo, je přizpůsobení expozice, často označované symboly „-/-/0/+ /++ EV“. Většinou nikdo nedokáže s jistotou říci, zda se tím mění rychlost závěrky nebo clona, a absolutní expoziční hodnota je zcela opomenuta. Dnes vám nastavení pevné expoziční hodnoty EV, a tedy i množství přímo zachyceného světla, umožní pouze profesionální fotoaparáty. Bohužel tato těžkopádná manipulace se nevyhnula ani HDRI. Se zavedením HDRI



▲ V běžných fotoaparátech je absolutní expoziční hodnota zcela opomenuta.

by bylo velmi jednoduché opět zavést toto měřítko absolutní expozice jako jednotný základ pro měření. To by nám umožnilo přistupovat ke světelným hodnotám reálného světa přímo z hodnot pixelů obrazu HDR, a jelikož veškerý software pro práci s HDR by byl zkalibrován podle stejného měřítka, bylo by mnohem snazší posouvat se podle něj směrem nahoru i dolů. Vlastně duchovní otec HDRI, Greg Ward, kdysi definoval nominální expoziční hodnotu jako hodnotu, která by byla vložena v jednoduchém stylu s metadaty v každém obraze HDR. Ovšem myšlenka implementace této vlastnosti do většiny softwaru pracujícího s HDR jednoduše upadla v zapomnění, neboť programátoři se nestarali o tento drobný fotografický detail. A třebaže to nezní jako velký problém, následkem jsou zásadní nedostatky, a proto filmaři a profesionální fotografové stále spoléhají na ruční měření světla. Automatické expozimetry jsou připojeny k fotoaparátu, takže nikdy neměří světlo dopadající přímo na daný subjekt. Vše, co dokáží změřit, je světlo, které se odráží do fotoaparátu, to však může být v závislosti na vzdálenosti zcela jiné. Například na filmové scéně požadujete, aby všechny kamery snímaly stejný rozsah in-



◀ V kinematografii a profesionální fotografii lidé stále spoléhají na ruční měření světla.

tenzity světla. A aby byla expozice perfektní, kameraman změří světlo přímo na subjektu. Přiběhne k herci a umístí před jeho tvář ruční expozimetr; poté sdělí správnou expoziční hodnotu do své vysílačky. To je údaj, který musí dodržet každý kameraman, a podle kterého musí všichni nastavit své kamery. Tím je zajištěno, že se mohou vracet či posouvat ve scéně s dialogem, aniž by museli měnit nastavení. Všechny kamery jsou synchronizovány. Pokud máte ale na starosti pořizování HDR obrazů na scéně, automaticky o tuto synchronizaci přicházíte. I když byste mohli zachytit více světla než všechny kamery současně, váš obraz se automaticky nepřizpůsobí tomu, co skončí na filmu. Teoreticky má technologie HDR potenciál, ale v praxi ji většina programů nepoužívá. Provádí pouze kalibraci obrazových hodnot v obraze HDR na danou expozici. Takže byste měli pozorně poslouchat vaši vysílačku a dělat si poznámky. Jelikož váš fotoaparát uchovává hodnoty ISO, expoziční čas a velikost clony v metadatech každého snímku, můžete tuto tabulku použít k opětovnému obnovení absolutní expoziční hodnoty. Ovšem je zde ještě naděje na jednotný světelný prostor, který odpovídá skutečnému světu.



▲ Převodní stupnice: Dynamický rozsah měřený jako kontrastní poměr a rozsah EV.

Jak mohu použít expoziční hodnoty k určení dynamického rozsahu? Mluvili jsme o kontrastním poměru jako standardním způsobu měření dynamického rozsahu. Ovšem jedná se o velmi abstraktní systém, které pracuje s čísly jako 1:4000 a podobně, takže je velmi těžké představit si, co ve skutečnosti znamená; expozičním hodnotám se mnohem lépe rozumí. Když řeknu, že můj obraz HDR pokrývá celkem 12 expozičních stupňů světla dané scény, vše je jasné. Okamžitě rozumíte tomu, jak dalece jsou nejhlubší detaily stínů vzdálené od nejjasnějších odlesků. A znáte vztah skutečného světa ke všem zachyceným mezilehlým tónům.

Takže podívejme se na převodní jednotku mezi kontrastním poměrem a expoziční hodnotou.

Kontrastní poměr se přímo vztahuje k rozdílu v intenzitě světla. Zdvojnásobení této hodnoty znamená zdvojnásobení světla. Takže máte lineární jednotku.

Expoziční hodnoty jsou v logaritmickém měřítku: každé zvýšení o jednotku světlo zdvojnásobí, což znamená, že se rovněž zdvojnásobí kontrastní poměr. Převod v jednom směru je velmi jednoduchý. Vypadá následovně:

2počet expozičních stupňů = kontrastní poměr

Například pokud máte dynamický rozsah, který pokrývá 12 expozičních stupňů, je roven $2^{12} = 4096$ a lze ho tedy rovněž označit jako kontrastní poměr přibližně 4000:1.

Převod v opačném směru je poněkud složitější. Musíte spočítat logaritmus o základu 2, nebo chcete-li dvojkový logaritmus, jak jej nazývají matematici. Je pravděpodobné, že váš stolní kalkulač nemá tlačítko „log₂“. Ten můj nemá, dokonce ani ten v počítači. Je zde známá klávesa „log“, ta se ovšem vztahuje k log₁₀, nikoliv k log₂. Ovšem šťastnou matematickou náhodou je zde jednoduchá převodní konstanta. Vlastně existuje matematické pravidlo, které říká, že $\log_2 x = (1/\log_{10} 2) \times \log_{10} x$ a lze tedy pro převod použít hodnotu $1/\log_{10} 2 = 3,321928$. Obvykle je dostačující přesnost 3,32. Takže vzorec by vypadal následovně:

Rozsah EV $\approx \log_{10}(\text{kontrastní poměr}) \times 3,32$

Například 4000:1 potom jednoduše znamená $\log_{10}(4000) \times 3,32 \approx 12$ expozičních stupňů.

Pokud vůbec nemáte chuť zaobírat se matematikou, můžete použít i převodní stupnici. Tato stupnice rovněž velmi přehledně znázorňuje, jak citlivější rozsah expozičních hodnot tvoří měrnou jednotku dynamického rozsahu. Expoziční hodnoty se prostě porovnávají mnohem snáze, než kontrastní poměry. Například rozdíl v kontrastu 1:20 000 a 1: 30 000 není ani jedna plná expoziční hodnota, bez ohledu na to, jak impozantně mohou tato čísla vypadat.

Fotografové, kteří jsou zvyklí na zónový systém Anselu Adamse, okamžitě poznají, že rozsah jedné expoziční hodnoty odpovídá jedné zóně. V zásadě byste mohli tyto výrazy na-



Světlost této řady pixelů



▲ Obraz jako signál.
Pro zjednodušení jsem vybral jeden řádek pixelů a zakreslil světlost (jas) do grafu.

hradit v celé knize. Ovšem jelikož zónový systém je přesně uzpůsoben omezením kinofilmu, budu se držet použití neohrazené stupnice rozsahů expozičních hodnot.

Není dynamický rozsah nějakou jednotkou zvuku? Ano, skutečně je. Dobrá poznámka! Také zvuk má dynamický rozsah, což je nám velmi blízko. Dynamický rozsah byl konečně ve světě techniky vždy přítomen, zejména v oboru zpracování signálů. Pro techniky digitálního zpracování obrazu je důležitým měřítkem kvality čipů senzoru.

Technický dynamický rozsah je definován jako logaritmický poměr mezi největším čitelným signálem a šumem v pozadí, a jeho jednot-

kou je decibel. Takže se jedná o velkého bratra starého dobrého poměru signálu vůči šumu; jediným rozdílem je, že se používá pro celý obraz. To dává smysl, pokud budeme obraz považovat za signál.

Vyzkoušejme to. Nahlížejíme na obraz jako na signál. Pro zjednodušení jsem vybral jeden řádek pixelů a zakreslil do grafu světlost.

Vypadá jako Beethovenova skladba, že? Můžete jasně vidět, jak je světlá rubová strana lodí znázorněna jako rostoucí vrcholy. A podívejte se na tmavě hnědé oplocení vedle lodí: v grafu je znázorněno jako malý zubatý vzorek. A keře na pravé straně snímku tvoří pouze rozechvělou čáru. Je zde spousta drobných detailů, ale celkově je obraz tmavý a málo kontrastní.