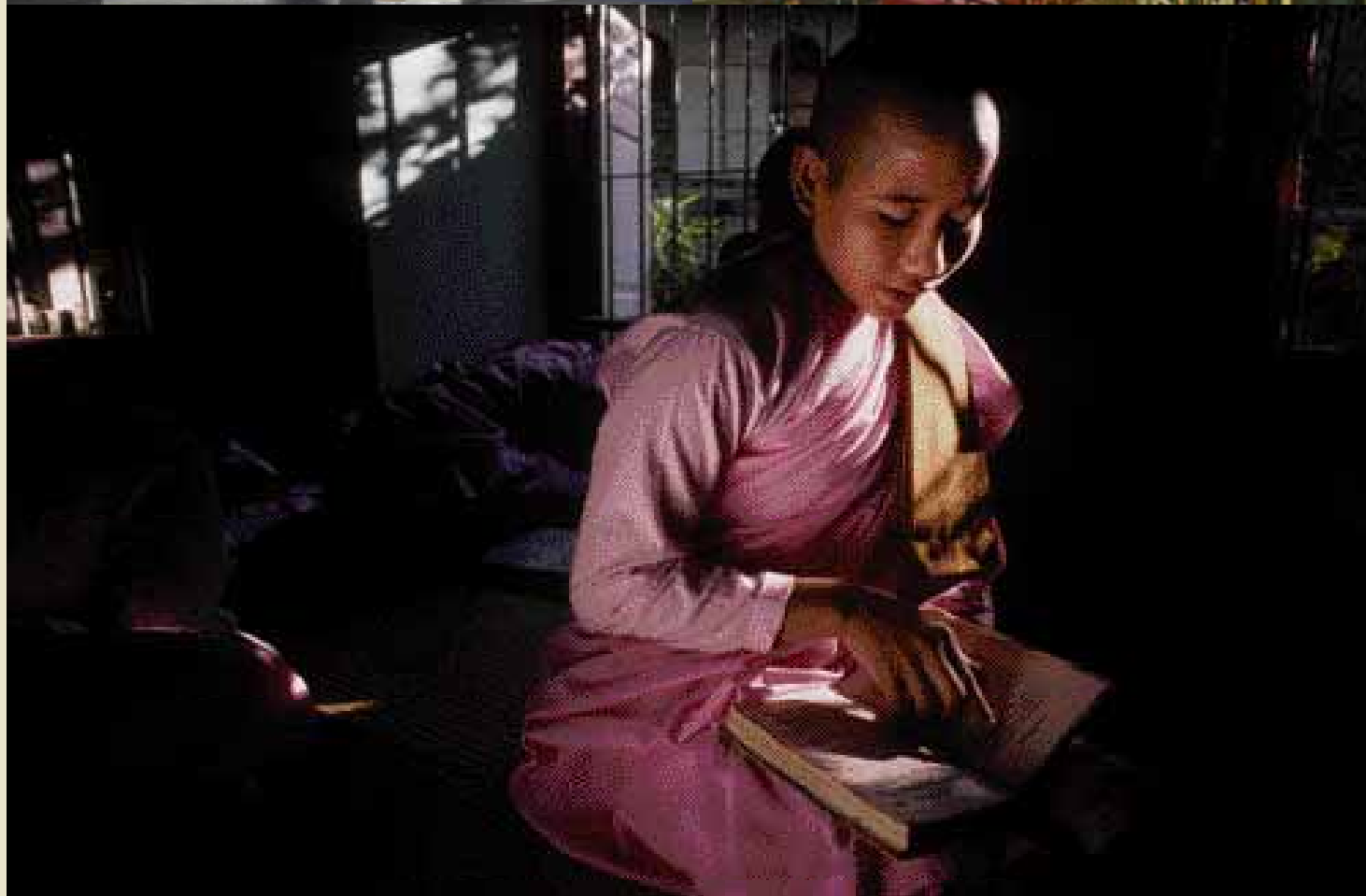


# HDR mapování tonality



## Počítačové mapování tonality je poměrně nové

a vzniklo víceméně během posledních deseti let. Teprve nedávno se objevil software, který se zaměřuje na vytvoření realistických HDR fotografií. Znamená to ale, že můžeme časem očekávat množství dalších vylepšení. Software, který mají fotografové nyní k dispozici je z velké části založený na práci hrstky vývojářů a jejich původní cíle nemusely nutně vést k vytvoření skvěle vypadajících fotografií. Záměrem většiny těchto průkopníků bylo podle Kate Devlinové „vytvoření obrazů, které vyvolávají stejnou reakci, jakou by měl divák u skutečného výjevu“. U toho pravděpodobně musíme vzít v úvahu mimořádnou úroveň vnímání při pohledu na jednotlivé obrazy scény, než na scénu jako takovou.

Nejdůležitější v HDR, stejně jako nejobtížnější, je procedura mapování tónů. Pokud jste vytvořili HDR obrázek z dostatečně širokého rozsahu expozice, správně rozložené, tak byste měli mít kompletní záznam všech úrovní jasu z originální scény. Jak pojmout všechny tyto informace a začlenit je do fotografie, je úlohou tónového mapování.

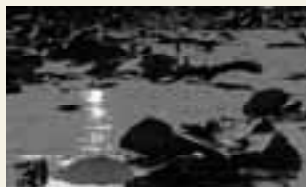
Důležitější než různé typy a triky je pro osvojení si této techniky znalost cíle, kterého chcete dosáhnout. Softwarové nástroje vám umožní vtěsnat ohromné množství dat do omezené kapacity obrazovky, ale neexistuje takový výsledek, který by uspokojil každého. Jediný způsob je dobře porozumět tomu, jak tyto operátory mapování tonality (TMO, tonemapping operator) fungují a znát i jejich

nedostatky. Základní problém pro všechny TMO je jak vymezit každou oblast ve které budeme provádět změny. Vy i já bychom to pravděpodobně okamžitě zvládli tak, že na to místo ukážeme prstem. Naneštěstí tento zdánlivě jednoduchý čin zahrnuje mnoho úrovní vnímání, odhadu a názoru. TMO to musí provést bez pochopení obrázku. Většina TMO se zaměřuje na sousedící pixely a s jejich informacemi může provést tónování, například nastavení jasu ve vztahu k sousedícímu pixelu. Jeden ze způsobů, jak to provést, je rozostřit oblast (rozostření zprůměruje jas) a poté tuto informaci použít. Rozostření se neaplikuje na obrázek, pouze se využije v výpočtům. Problém nastane, pokud rozostření přejde přes ostrý okraj, jako je např. pták proti nebi. Způsobí to viditelný problém, většinou halo. A zatímco široké halo (řekněme přes třetinu nebe) zůstane téměř bez povšimnutí, menší může vypadat zcela nepřírodně. Ideální je tyto menší kontrastní úpravy elegantně a přesně zachovat, ale bez vůdčího lidského oka to není snadné. Téměř všechny TMO nyní využívají některé metody pro odhalování takovýchto ostrých přechodů – známé jako hrana, přechod jasu – ale takovýto výpočet není jednoduchý ani spolehlivý. Základní otázkou, která žádného fotografa nepřekvapí, je komplikovanost mnoha, možná většiny fotografií. Věda zobrazování je stále daleko od schopnosti úplně analyzovat fotografii a není o nic blíž schopnosti předpovědět důležitost objektů na scéně pro pozorovatele. A to je přesně to, co tónové mapování potřebuje.

# Teorie mapování tonality

Rozhodujícím problémem je, jak použít všechny informace o jasů v dynamickém rozsahu skutečné scény a zkomprimovat pro zobrazení na monitoru nebo tištěné fotografii.

## Tři úrovně kontrastu



Přestože neexistuje žádná jednoznačná hranice, hovoříme o celkovém kontrastu (na obrázku zobrazeno pomocí rozostření o vysokém poloměru), o kontrastu ve středním měřítku (tvaru lotosového listu proti odrazu ve vodě) a o kontrastu v malém měřítku, lokálním kontrastu (detail stébel trávy). Zde všude se mohou uplatnit operátory mapování tonality při změně úrovně kontrastu v závislosti na vzhledu.

**Kdyby byl vhodný** a levný způsob, jak zobrazit celý rozsah jasu, nic z toho by nebylo nezbytné, ale jediné takové zobrazovací zařízení je v současné době velký a nákladný Brightside monitor. A jak je známo, fotografie papírová bude pravděpodobně vždy její nejžádanější formou. Tato část procesu směřuje ke kompresi HDR obrázku na obrázek o nízkém dynamickém rozsahu (LDR). Jinými slovy

obyčejné komprimování HDR obrázku rovnoměrnou kompresí tak, aby se přizpůsobil mnohem menší škále, je zcela nevyhovující. Všechny potřebné údaje zde sice jsou, ale vzhled je příliš tmavý a postrádá viditelné detaily v tmavších místech. Vzhled obrázku je základním bodem problému a je zřejmé, že jakákoliv metoda komprese musí brát v úvahu způsob, jakým se na obraz díváme. To je, jak jsme mohli vidět v první kapitole HDR scény a lidské vnímání, komplikovaná záležitost. I algoritmy, které jsou vyvinuty pro tento proces, jsou komplikované a jsou známy jako operátory mapování tonality (TMO).

## Otázka obsahu



Jak již bylo zmíněno dříve, v kapitole Vnímání a tvar, efektivní výkon operátorů mapování tonality při manipulaci s kontrastem zatím stále není schopný brát v úvahu důležitost různých objektů. Tato fotografie Buddhy na hřebenu Borobuduru na Jávě nám ukazuje pointu. Na snímku (toto je LDR obraz), který je pro toto cvičení v černobíle provedení, kvůli potlačení jiných, pozornost odvádějících prvků, je domalováno Buddhovo soše oko, jelikož víme, co to je, přestože jeho tónové hodnoty jsou podobné ostatním kamenům. Do plošek rozpadlé provedení obrázku (prostřední ukázka) nám nedovolí reznat obsah — obdoba způsobu, jakým vidí obraz software pro tónové mapování. Selektivní zvýšení kontrastu finálního obrázku (barevná verze) je to, co bychom udělali my, ale operátory tónového mapování to nezvládnou.

## Hlavní problémy tónového mapování



### Halo efekt

Protože lokální operátory nastavují kontrast v závislosti na okolí každé části obrazu, může nastat problém s ostrými hranami jasu — ostré přechody mezi zřetelně světlými a tmavými oblastmi. Operátor zahrne ve výpočtu blízkou takovéto hrany i druhou stranu přechodu a zvýší kontrast napříč hranou. Výsledkem je halo efekt, oblast vedle přechodu, ve které tmavá místa jsou ještě tmavší a světlá světlejší. Řešení tohoto problému najdete na stranách 100–103.



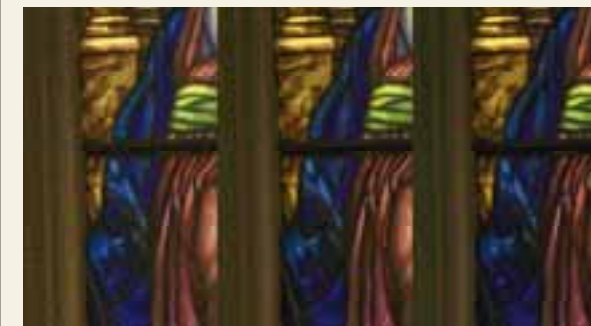
### Inverze tónů

Objeví se v případech, když se navzájem překříží rozdílné tóny, tmavší z těchto dvou se stane světlejším. Na jakékoli scéně a na jakémkoli obrázku existuje celková hierarchie odstínů, která zobrazí histogramem způsobem, který je pro fotografy velmi užitečný. Na rozdíl od jiných postupů, se zde mění jas oblastí ve vztahu ke každému pixelu okolí. Metoda lokálního přizpůsobení (local adaptation method) podobně jako metoda úpravy lokálního kontrastu (local contrast enhancement) nemusí vždy zachovat hierarchii odstínů. Nepřevéde jas pixelů pouze podle jediné tónální převodní křivky, ale bere také do úvahy hodnoty vedlejších pixelů. To znamená, že na rozdíl od použití křivky, nejsou tóny na histogramu pouze roztaheny a zkomprimovány, ale mohou také měnit pozici. Vizually by to znamenalo, že nějaká část obrazu, která byla původně tmavší než jiná, může úpravou získat stejný jas nebo se stát ještě světlejší. Vzdálenost, která rozlišuje mezi místním a celkovým

kontrastem je stanovena použitím hodnoty poloměru (radius). Poloměr a hladina prahu (threshold) jsou podobně nastavení pro maskování neostrosti (Unsharp mask) používané pro doostření obrázku. Vysoký práh zvyšuje lokální kontrast, ale také se zvyšuje riziko vzniku halo efektu. Na druhou stranu příliš nízký práh může způsobit, že bude fotografie vypadat vybledle. Pro jakýkoliv obrázek je vhodné vyzkoušet obě varianty a podívat se, jak obrázek vypadá, protože ideální kombinace parametrů je různá v závislosti na obsahu obrázku.

### Duchové

Toto se již pojednávalo na stranách 52–55. Objekty přesunované uvnitř obrázku se jeví na každém snímku sekvence v různých polohách.



### Šum a „nečistá“ textura

Když je mapování tónů nastaveno na maximální detaily (fine scale), tak se zvýrazní šum i další malé úpravy. Jsou k tomu náchylné zejména velké, hladké oblasti, jako je například obloha. Problému se můžeme vyhnout, opatrnějším použitím ovladačů tónového mapování. Zredukujeme ty, které mají tendenci zvýrazňovat malé detaily a využijeme zde vyhlazovací nástroje, pokud jsou dostupné. Na příkladu zde jsou zobrazeny tři verze detailu skla katedrály a můžeme na nich vidět, jak HDR vylepšuje šum využitím informací z nejlépe exponovaných tónů na každém z původních obrázků. Nalevo je mapovaný obrázek vygenerovaný ze dvou nejtmavších snímků. Uprostřed je vygenerovaný ze tří a napravo ze čtyř snímků. Operátor tónového mapování je donucen použít jakýkoliv materiál, který je mu poskytnut.



### Odlesk

O tomto efektu je již pojednáno na straně 56. Směřuje to k přehnanému vzhledu HDR obrázku. Nejlépe se toho dosáhne ve fázi generování, ačkoliv většina HDR softwarů o to neusiluje.



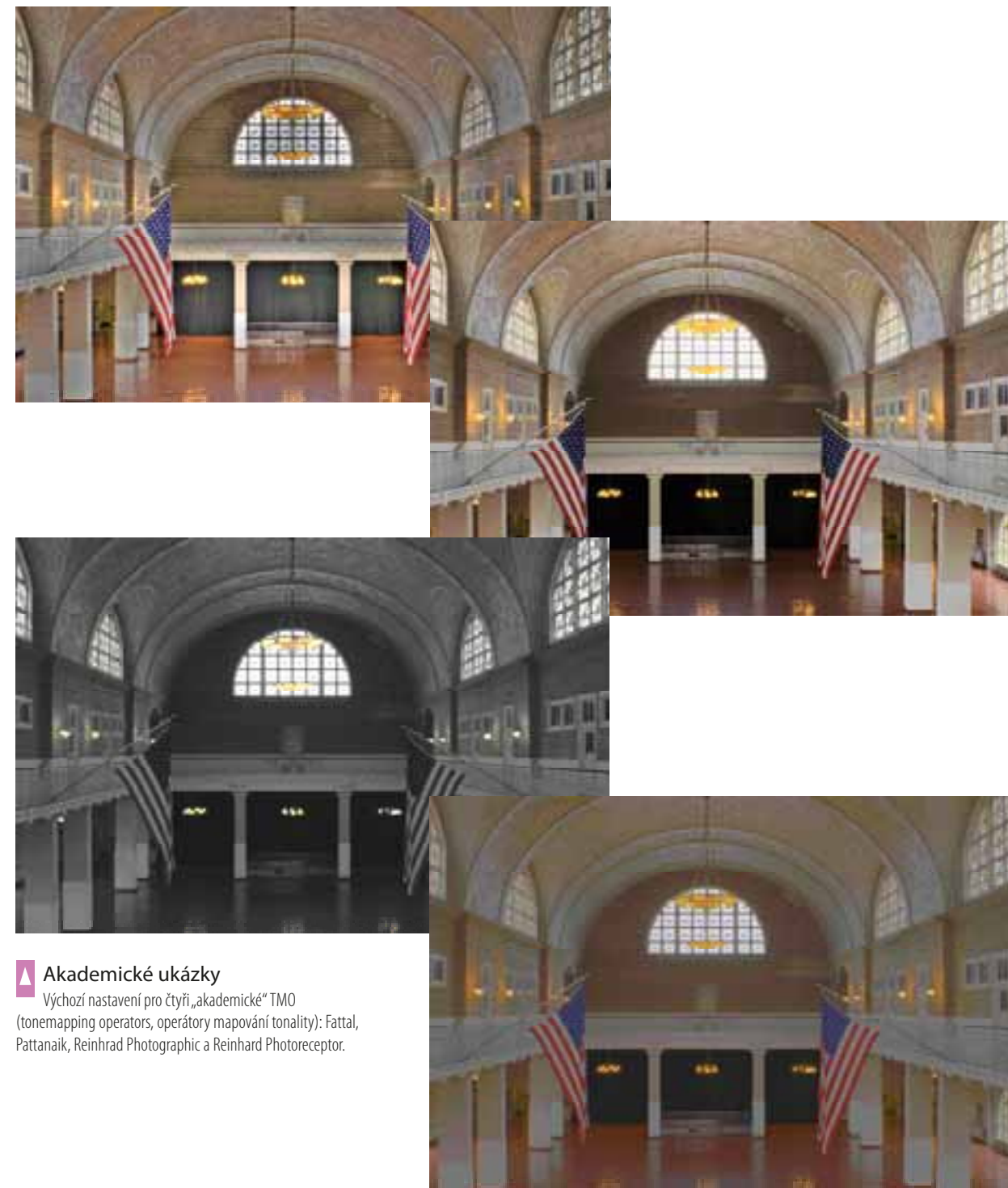
# Operátory mapování tonality

Veškerý současný software pro zpracování HDR fotografií a plně určený pro fotografy vznikl z několika známých výzkumných projektů.

**Na počátku devadesátých let** dvacátého století vyvinuli výzkumníci převážně v amerických univerzitách řadu postupů komprese velkého rozsahu jasu reálných scén do zobrazitelné formy. Mezi tyto průkopníky patřili Greg Ward, Paul Debevic, Erik Reinhard, Raanan Fattal a jiní. Jelikož se

jednalo o vysokoškolský výzkum, tak byly cíle někdy zcela experimentální a neměly moc společného s tím, co by mohli považovat za důležité fotografové. Tónové mapování je už tak dost složité. Rozhodně dost na to, aby si zasloužilo pozornost celé této knihy, a vy se můžete divit, proč bych vás chtěl trápit s dalšími komplikacemi vysokoškolského výzkumu, který to celé podpírá. Já jsem to musel přečíst, ale proč byste měli vy? Dost to záleží na tom, jak pohodlně se vám pracuje s novým počítačovým softwarem, který je založen na nových principech. Někteří lidé jsou rádi, že dokáží řídit auto, a už je nezajímá, jak funguje motor a brzdy. Jiní se chtějí naučit i něco navíc. To stejné platí zde. Na následujících stranách se pokusím vysvětlit práci s různými ovladači, od jednoduchého výchozího nastavení až po komplikovanější diskuse o procedurách, které zrovna probíhají. Samozřejmě se zastavím kousek před matematickými výpočty. Jeden z problémů při vysvětlování mapování tonality je ten, že některé procesy jsou koncepčně dost složité. Určitě alespoň jeden z ovladačů ve známém softwaru dokáže vytvořit efekt, který překvapí samotného vývojáře a odporuje všem matematickým zákonům. Třeba namítnete, že to nepotřebujete znát. Ale může se vám hodit pochopit základy toho, co se děje pod pokličkou.

První operátory mapování tónality jsou dobře zdokumentovány. Kniha High Dynamic Range Imaging od Reinharda, Warda a kolektivu je klasika a doprovází ji CD-ROM obsahující zdrojové kódy pro asi dvacet TMO. Vlastně sedm nejznámějších operátorů, jejichž autory jsou Ashikimin, Durand, Fattal, Pattanaik a Reinhard, jsou k dispozici pro každého v programu PFSTools, který můžete využívat zdarma v rámci QtPfsGui (strana 48). Je ale značný rozdíl mezi tímto výzkumným softwarem a softwarem, který většina z nás používá a je orientován pro běžné uživatele. Jejich cíle jsou více akademické a všeobecně postrádají



**Akademické ukázky**  
Výchozí nastavení pro čtyři „akademické“ TMO  
(tonemapping operators, operátory mapování tonality): Fattal,  
Pattanaik, Reinhard Photographic a Reinhard Photoreceptor.

nástroje pro vytvoření co nerealističtějšího vzhledu fotografií.

Nicméně inspirace pro některé z těchto operátorů jsou fascinující. Velice brzy bylo zjištěno, že podstata věci tkví v rozdílu mezi jasnem a odrazeným světlem. Jak jsme viděli na straně 13, rozsah odraženého jasu je docela malý, zatímco rozsah vzniklý světlem dopadajícím na scénu může být velmi vysoký. Pokud by mohla být komprese aplikována pouze na jas, potom by byly detaily následkem odraženého světla teoreticky zachovány.

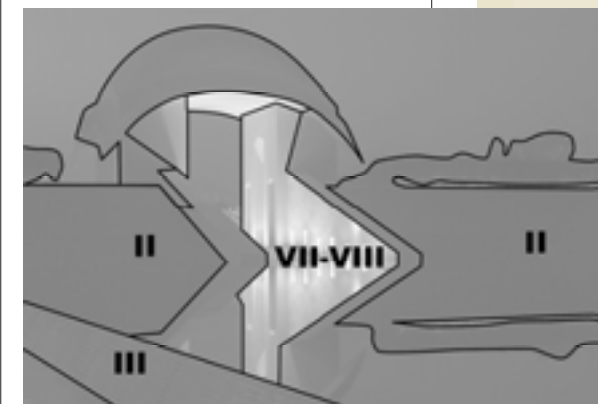
Důležitou otázkou mapování tonality je, jak na scéně oddělit jas a odražené světlo. Na první pohled to může vypadat jako nemožný úkol, pokud je vám poskytnut pouze obrázek a nemáte naměřené hodnoty světla ze scény samotné. Jak se ale ukáže, není to zcela nemožné. Prvotní objev byl, že ve většině scén s vysokým kontrastem mají rozdíly malého rozpětí v kontrastu co dočinění s odrazeným světlem. Například na malém stole přímo přede mnou (zrovna píši v letadle) je rozdíl v jasu mezi mandlemi a arašídami, protože rozdílně odrážejí světlo. Obojí přitom osvětluje stejné světlo. Ale v širším měřítku zde kontrast je, kvůli světlu dopadajícímu na scénu. Můj soused má zatemněné okno, zatímco já mám rozsvícené světlo a je mnohem větší rozdíl v kontrastu, pokud se podívám tam a poté zpátky na stůl, než mezi dvěma arašídami. Toto poznání se stalo důležité při práci s mapováním tonality: s kontrastem ve velkém měřítku, na celém obrázku pracovat jako s luminací, jasnem. Naopak v malém měřítku, jako vlastnost textur, pracovat s odrazivostí. To znamená, že jedna z cest k přirozenému vzhledu je zkomprimovat kontrast velkého měřítku a ponechat nebo dokonce posílit kontrast malého měřítku. To je myšlenka, která stojí za operátorem frekvence a operátorem gradientu, kterými se budu zabývat později.

Jelikož je to ale objížďka na cestě k poznání rozdílu mezi dopadajícím a odrazeným světlem, nemusí to vždy fungovat. Záleží na situaci. Fakt, že to dělá fotografii více přirozenou je podpořeno některými poznatky z psychologie a fyziologie vnímání (není snadné od sebe tyto dvě části oddělit). Jedna všeobecně přijatá teorie je, že lidský zrak rozlišuje místní detaily (to znamená, při malém měřítku, při malém zorném úhlu) při pohledu v klidu, ale tuší změny v kontrastu ve větším měřítku jiným způsobem – posouváním pohledu po scéně. Rozšíření této myšlenky je, že nějakým způsobem rozpoznáváme okolní prostor – sousedství, strukturu a segmenty širší scény – a podle toho subjektivně hodnotíme

kontrast. Jiné přístupy, který zaujal Pattanaik a kolektiv, směřuje k napodobení běžného HVS – Human Visual System, lidského vizuálního systému. To je vysoký cíl, zvláště proto, že se snaží zohlednit přizpůsobení mezi světlem a tmou, přičemž se jedná o oddělení tyčinek od čípků na sítnici, aby se dosáhlo lepšího vnímání jasu v temných místech na úkor vnímání barev.

Výsledné operátory jsou velmi zajímavé, hodnotné, ale zcela nepoužitelné pro účel vytváření kvalitních fotografií. Erik Reinhrad to vzal z jiné strany, když se inspiroval zonálním systémem (Zone System) Anselu Adamse. Jak Reinhrad poznamenal, „Problém mapování rozsahu jasu do rozsahu menšího, zobrazitelného, není nic nového. Reprodukce tónů existuje u tradičních fotografií od doby, kdy bylo fotografování vynalezeno.“ Dále pokračuje srovnáním toho, jak funguje Zone System a TMO, které vytvořil jeho tým. „Nejdříve je na obrázek aplikováno lineární škálování, které je podobné nastavení expozice u fotoaparátu. Poté může být použitím aritmetického modelu místně nastaven kontrast, který je blízký nástrojům Burn a Dodge (Ztmavení a Zesvětlení).“ Zatímco Pattanaik chtěl modelovat funkci lidského oka a mozku, Reinhrad se zaměřil na konečný výsledek, který měl přijatelný původ. Dále uvedl, že při tradičním použití Dodge a Burn je oblast, která získá rozdílnou expozici vzhledem ke zbytku snímku, ohraničena ostrým kontrastem. To je klíčový postřeh, který by měl být reprodukován každým automatickým algoritmem u Dodge a Burn. Výsledkem celé této zajímavé práce byly čtyři druhy operátorů tónového mapování.

TMO (operátory mapování tonality) se v základě dělí na lokální a globální, ale ve skutečnosti je to složitější. První druh, kterým byl globální operátor, je relativně nekomplikovaný. Funguje na všechny pixely na snímku víceméně stejným způsobem. Vezměte si typickou S-křivku v běžné úpravě ve Photoshopu. Zvýší se kontrast zesvětlením světlejších tónů a ztmavením stínů. To vše hladce a beze změny koncových bodů. To je jeden z globálních operátorů uvedených na stranách 20-21 v kapitole Kontrast a gama. Můžete měnit různé hodnoty, ale stane se podobným způsobem víceméně to stejné. Existují některé velmi promyšlené globální operátory, které umožní vznik výsledkům, které jsou téměř vždy „fotografické“, ale mají určitý limit. Jsou výborné pro obrázky se středně velkým dynamickým rozsahem, ale pokud je kontrast příliš velký, tak už výsledek tak dobrý není. Lokální



**A** Zonální systém Anselu Adamse. Obrázek nahoře je popsán za použití zónové tabulky. Adams dával přednost použití deseti zón, ale použitím lichého počtu zón, devíti (jako třeba zde) nebo jedenácti, je možné dosáhnout samostatné zóny pro střední tóny uprostřed stupnice.



operátory jsou ve svém provedení a ve způsobu, jakým fungují, zcela odlišné a jsou mnohem lepší v práci s extrémním kontrastem. Program hledá pixely sousedící s každým z pixelů a podle toho místo zesvětlí nebo ztmaví. Jinak řečeno pixel, který sousedí s pixelem světlejším, bude upraven jinak, než stejný pixel, který ale sousedí s pixelem tmavším.

Klíčem je oblast, kterou program vyhodnocuje. Nejmenší oblast jsou přímo sousedící pixely – tři z každé strany okolo pixelu. Takto se postupuje u každého pixelu na snímku, což je počítačově velmi náročné. Tyto výpočty zaberou značnou část výkonu programu. Lokální operátory se tedy nejprve musí rozhodnout jak velkou oblast kolem každého pixelu použít, poté zjistí, jak tyto hodnoty použít při srovnání kolem středového pixelu, a za třetí musí přijít na to, jak skloubit všechny tyto informace, aby se daly použít na celý obrázek.

Často se operátory člení pouze na globální a lokální, ale je to trochu jinak. Je možné, například, použít oba najednou. V jistém smyslu pracuje lokální operátor v souvislosti celého obrázku. Za pojmy lokální a globální stojí dva rozdílné přístupy k problému. Již jsem zmínil problém oddělení jasu od odraženého světla – světlo dopadající na scénu, které se může výrazně měnit, od světla odraženého od povrchu, které se mění mnohem méně. Prvním způsobem, jak to využít, je při frekvenčním operátoru. Snímky mohou být zakódovány svou frekvencí, podobně jako zvuk. Nízké frekvence odpovídají kontrastu ve velkém měřítku a naopak. Práci s frekvencí můžeme vyhladit velké rozdíly v nízkých frekvencích, zatímco samostatně můžeme potlačit nebo zvýraznit detaily vysoké frekvence. Tímto způsobem operátory vlastně fungují globálně i lokálně zároveň. S tím souvisejí operátory gradientu. Nízká frekvence (velké změny v obrázku) související se světlem dopadajícím na scénu, inklinuje k dlouhému pozvolnému přechodu ze tmy do světla. Avšak detailní změny u vysoké frekvence vyskočí mnohem strměji během krátkého úseku. Kontrast gradientu může být tedy využit k rozeznání velkého měřítka od lokálního kontrastu. Důležitost těchto operátorů gradientu je taková, že se využívají v nejpoužívanějších komerčních HDR softwarech.

**Výkonný HDR software**

Jak jsem již zmínil, všechn software, který budete pravděpodobně používat, je inspirován tímto veřejně publikovaným výzkumem. Avšak není přímo okopírován. Stejně tak jako nám nečiní potěšení kopírovat



fotografie jiných lidí, vývojáři nechtějí prostě okopírovat zdrojový kód. Jak řekl Andreas Schomann, jeden z tvůrců FDRTools, „Algoritmy, které jsou zveřejněny výzkumnými skupinami univerzit, jsou spíše šablony. Poskytují nápady. Pokud dáte úkol deseti vývojářům, aby tento logaritmus implementovali, dostanete deset různých výsledků.“

Jelikož je to nová zobrazovací metoda, neustále se něco vylepšuje. Nový software je vyvíjen a zároveň je vylepšován software současný. V zákulisí probíhá hodně práce, a protože většina z toho je chráněna zákonem, nemůžeme čekat, že nám vývojáři vše do detailu vysvětlí. Ve skutečnosti je porovnávání různých ovladačů mezi programy zbytečné, jelikož existuje mnoho rozdílných cest k dosažení zhruba stejného výsledku. V době psaní této knihy je pouze několik výkonných HDR aplikací, přestože existuje více než dvacet operátorů mapování tonality. Důvod toho je přesnost, počet nabízených nástrojů, platforma a podpora takových detailů jako je Raw format a absence EXIF dat. Na vrcholu seznamu užitečnosti je Photomatix, který vznikl v roce 2003 a neustále se vylepšuje. Další je Photoshop CS2 a CS3, FDRTools, Artizen a EasyHDR. Každý z nich je svým způsobem dobrý, ale žádný není tak detailní jako Photomatix. Platforma je nepochybně velice důležitá a stejně jako v jiných oblastech zobrazování, aplikace, které podporují více platforem si zaslouží lepší zpracování. Žádný z těchto softwarů není drahý (mimo Photoshop, kde je HDR pouze nepatrnou částí jeho schopností), ale otázkou je, který si vybrat pro práci. Trvá dlouhou, než se seznámíte s jakýmkoli softwarem, a pokud hodláte používat HDR pravidelně, budete určitě chtít zorganizovat průběh vaší práce. HDR může zabrat mnoho času a pokud ho používáte ve výrobním prostředí, hodiny práce na počítači se stanou nákladnými. Každá z aplikací má jinou filozofii, pokud je možné to tak nazvat. Photomatix směřuje k nejlepším vizuálním výsledkům tak, že nabízí velké množství ovládacích prvků, na které si musíte zvykat. Photoshop nabízí malou až žádnou podporu a zklame vás i nedostatek inovací mezi verzemi CS2 a CS3, ale disponuje intuitivním ovládáním křivek. FDRTools zamýšlí zůstat jednoduchou a přímočarou aplikací. Každý z nich se hodí pro různé uživatele.

A ještě ke generování HDR souborů. Z pohledu uživatele je to jasné: teoreticky můžete mapovat HDR obrázky vytvořené v různých aplikacích. Soubory ale nejsou stejné a výsledek bude jiný. Základní pravidlo je použít jednu aplikaci ke generování i mapování tonality. I náповěda aplikace je optimalizovaná pro HDR soubor, který právě vytvořila.

Čtyři typy TMO

- Globální operátory**  
Proces mapování tonality je aplikován na každý pixel stejným způsobem. S pixely, které mají stejnou původní hodnotu, se zachází stejně. Analogicky, použitím S-křivky ve Photoshopu na obrázek v okně Curves (Křivky) tak, aby se zvýšil kontrast, je globální operace, ačkoliv mnohem jednodušší než mapování tonality.
- Lokální operátory**  
Lokální operátory dělají to, co napovídá už jejich název. Přihlížejí k pixelům, které obklopují každý z upravovaných pixelů v obrázku. Nejběžnější a nejrychlejší je použít okolí o velikosti 3×3 pixely. To umožní nastavit kontrast selektivně, podle umístění pixelu.
- Frekvenční operátory**  
Tyto operátory fungují na principu konverze dat obrázku na frekvence. Následně aplikují různé nastavení na části s nízkou frekvencí, která je spojená s dopadajícím světlem, a na místa s vysokou frekvencí, která odpovídají detailům a odráženému světlu.
- Operátory gradientu**  
Jsou podobné frekvenčním operátorům. Analyzují kontrast (změnu) gradientu a aplikují různé nastavení podle toho, jestli je spád kontrastu pozvolný a dlouhý (globální změna) nebo krátký a prudký (místní detail).