

Vysokorychlostní digitální fotografie v biologii

U mnohých organismů i v jejich prostředí existují specifické procesy, které probíhají tak rychle, že se velmi obtížně zaznamenávají. Nicméně prudký rozvoj elektroniky, zasahující do vývoje různých digitálních zařízení, rozšířil možnosti biologa i v takových případech. A to dokonce prostředky, které už zdaleka nejsou tak nedostupné, jak tomu bylo ještě donedávna. Jedním z takových zařízení je digitální fotoaparát Casio Exilim Pro EX-F1, s jehož výraznými možnostmi v biologii bych zde rád stručně seznámil.

Jde na první pohled o běžný fotoaparát typu elektronická zrcadlovka (EVF), který byl uveden na trh koncem března 2008. Některými vlastnostmi je přímo předurčen pro zařazení do výbavy moderního biologa, především toho, který pracuje v terénu a snímá živočichy pohybově velmi dobře vybavené. Vhodný je jak pro makrofotografii, tak pro zaznamenání zvířat na větší vzdálenosti. Zmíněný model je pozoruhodný zejména pro schopnost zachytit rychlé až velmi rychlé děje, a to snímací frekvencí až 1 200 obrázků za sekundu.

Na takové jevy existují specializované vysokorychlostní kamery – mají vysokou frekvenci snímání, a proto patří do značně vyšší cenové kategorie. Běžné videokamery rychlé snímání obvykle neumožňují a pokud ano, tak frekvence není příliš vysoká (např. 200 fps – frame per second – obrázků za sekundu) a navíc je omezena na krátké časové úseky (např. tři sekundy). Samotné digitální fotoaparáty byly zatím odkázány buďto na sekvenční snímání (ve frekvenci asi jen do 15 fps), nebo na natáčení videosekvencí o frekvenci pouze 30, případně 60 fps (navíc často

limitované nějakým kratším časovým intervalem).

S modelem Casio Exilim Pro EX-F1 v kategorii běžný konzumní model máme teď možnost snímat videosekvence až do frekvence 1 200 fps. To je pro biologa samozřejmě velmi vítané, přesto bylo zatím s jeho aplikacemi ve vědě publikováno jen málo zkušeností (Weyda 2008 a 2009).

Fotografování a „filmování“ (snímání videosekvencí) fotoaparátem Casio Exilim Pro EX-F1

Uvedený digitální fotoaparát má poněkud netradiční některé ovládací prvky i členění nabídky, což souvisí s jeho specifickými charakteristikami. Snadno si na něj ale zvykneme. Fotoaparát má vlastní nastavení na makro pro běžnou makrofotografii a fotografii zblízka. Daleko efektivnější je však našroubovat na filtrový závit (zde 62 mm) nejlépe profesionální víceočkovou makropředsádku (obr. 2). Tím se vyhneme barevné aberaci a tvarovému zkreslení. Můžeme dosáhnout hodně velkého zvětšení vzhledem k efektivnímu telezoomu (432 mm). Při manuálním režimu ovládání lze nastavit clonové číslo až na $f = 15$, čímž dosáhneme i při velkém zvětšení poměrně dobrou hloubku ostrosti. Telezoom také nastavíme při fotografování zvířat v jejich přirozeném prostředí; zde doporučuji použít stabilizaci obrazu.

Fotodokumentace pohybových aktivit tímto fotoaparátem je snadná: k dispozici máme sekvenční snímání až 60 fps při plném rozlišení (6 MP). Můžeme snímat při nižší frekvenci, pak 30 fps nám vyjde na dvě sekundy, 15 fps na čtyři sekundy apod. To je skutečně vynikající možnost



1 Útok orla mořského (*Haliaeetus albicilla*), cvičeného sokolníky a demonstrováný v Zoo Plzeň, na kus masa vhozeného do bazénu. Fotografováno digitálním fotoaparátem Casio Exilim Pro EX-F1 se sekvenčním snímáním nastaveným na 15 fps (snímků za sekundu).

a v biologii ji opravdu hodně využijeme při zcela vyhovující kvalitě výstupů. Pro názornost je na obr. 1 ukázka záznamu útoku orla mořského (sekvenční snímání nastaveno na 15 fps).

Velmi rychlé pohyby, jako je např. mechanické vydávání zvuků (stridulace), skoky, létání atd., je možné tímto fotoaparátem souvisle zachytit formou videosekvencí. K dispozici u tohoto modelu máme: klasické videosekvence 640×480 pixelů (obrazových bodů) při 30 fps, rychlé videosekvence 512×384 pixelů při snímání 300 fps, rychlé videosekvence 432×192 pixelů při 600 fps a velmi rychlé videosekvence 336×96 pixelů při 1 200 fps. Fotoaparát umí také videoformát HD (ve vysokém rozlišení), zde ve dvou tvarech: videosekvence ve „full HD“ 1 920×1 080 pixelů při 60 fps a videosekvence v „HD“ 1 280×720 pixelů při 30 fps. Pro kvalitní výsledky potřebujeme dostatečné osvětlení scény. Při nejvyšší rychlosti videonímání může interferovat blikání světla z umělého osvětlení, a to se projeví pravidelným zesvětlováním a ztmavováním obrazu. Nepříjemným faktem může být větší komprimace videa zvláště v některých partiích obrazu a snižující se rozlišení (nebo velikost plochy) s rostoucí frekvencí snímání. To je daň za možnost dokumentace velmi rychlých procesů (profesionální parametry) při zachování „amatérské“ ceny. Pomoc existuje při následném zpracování obrazu profesionálními úpravami.

Příslušenství fotoaparátu

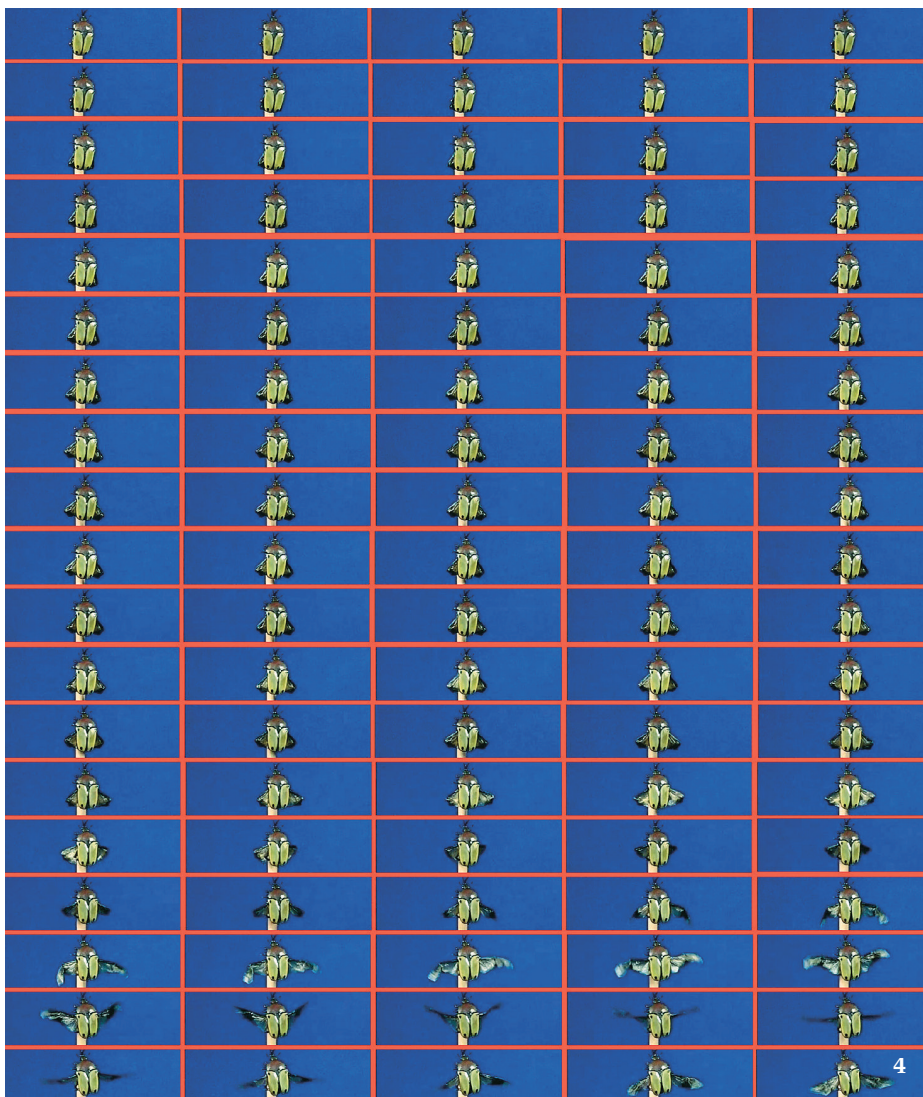
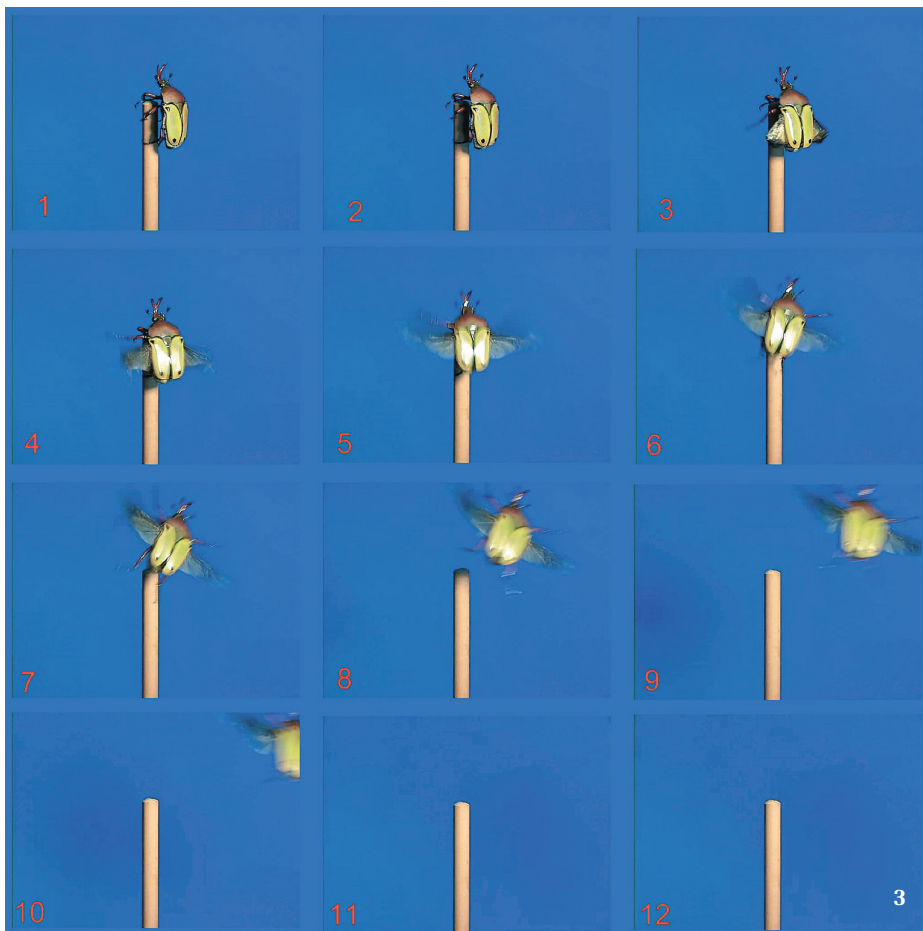
Tento digitální fotoaparát nemá bohaté příslušenství. Lze však využít příslušenství k jiným typům, pokud je kompatibilní, jako např. filtry, externí blesky, předsádky, stativy a celou řadu dalších. Některé užitečné pomůcky si také můžeme vyrobit sami.

Jak jsme uvedli, pro pořizování videosekvencí budeme potřebovat dostatečné osvětlení. Pokud nebude dost přirozeného světla, budeme muset přisvětlovat. To platí především pro videonímání za vysokých rychlostí. Vypomoci si můžeme upevněním některého z modelů videosvětla do bleskové patice, nebo připojením některých z výkonných LCD světel pomocí vlastnoručně vyrobených adaptérů. Tvořivosti se zde meze nekladou. Fotoaparát má vlastní LED světlo zabudované do držáku interního blesku – to je velká výhoda.

2 Digitální fotoaparát Casio Exilim Pro EX-F1 s našroubovanou makroočkou a umístěný na stojanu v sestavě pro vysokorychlostní snímání drobných objektů v laboratorních podmínkách.

3 Záznam částí videosekvence odletu zlatohlávka rodu *Eudicella* pořízené digitálním fotoaparátem za běžných podmínek snímání. Rozlišení VGA (Video Graphics Array – standard pro počítačovou zobrazovací techniku) 640×480 pixelů (obrazových bodů), frekvence 30 fps

4 Záznam částí videosekvence odletu zlatohlávka rodu *Eudicella* pořízené stejným modelem fotoaparátu Casio Exilim Pro EX-F1 (rozlišení 336×96 pixelů, frekvence 1 200 fps)





Příklady využití v různých oborech biologie

Uvedu jen několik příkladů z mnoha možných, kdy pomohly vlastnosti zmiňovaného digitálního fotoaparátu v konkrétních výzkumech.

- Let hmyzu, zvláště některých skupin, je velmi rychlý děj, který se velice obtížně fotografuje a filmuje. Jako příklad odletů jsem studoval start tropických zlatohlávků několika druhů při různých frekvencích snímání (obr. 3 a 4). U těchto brouků se vzlet zaznamenává obtížně, neboť při něm neotevírají krovky (křídla se vysunují šterbinou v krovkách). Zachycení startu a odletu při všech dosažitelných frekvencích videosekvencí nastavitelných na tomto digitálním fotoaparátu umožňuje celý proces velmi dobře studovat.

- Skoky hmyzu a členovců vůbec (pavouci, chvostoskoci, chvostnatky, sarančata, brouci atd.) patří k velmi rychlým procesům, které můžeme jen těžko dokumentovat. Tento model fotoaparátu Casio nám to ale umožňuje.

- Útoky dravých ptáků a ryb na kořist jsou rovněž velmi rychlé (obr. 1 a 5). Můžeme využít snímání videosekvencí až do maximální frekvence 1 200 fps. Také výkonné sekvenční fotografování s frekvencí až 60 snímků za sekundu (při plném rozlišení 6 MP) je efektivní.

- Klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*) a její parazitoidi – housenky známého škůdce jírovců madalů (*Aesculus hippocastanum*) se vyvíjejí uvnitř listů v minách. Jejich hlava má specializované ústní ústrojí, s jehož pomocí „krouhají“ pletivo listu na okraji miny. Ústní ústrojí se přitom velmi rychle pohybuje, což lze dobře sledovat v optickém mikroskopu. Tento proces zaznamenáme pomocí makrovideo-

sekvencí se silnou makropředsádkou fotoaparát Casio při frekvenci až 1 200 fps. Analýzou jednotlivých po sobě jdoucích obrázků sejmutých videoeditorem (Virtual Dub) můžeme spočítat frekvenci pohybů jednotlivých částí ústního ústrojí za určitý čas. Klíněnka jírovcová má také svoje parazitoidy. Několik desítek druhů vosiček parazituje na housenkách a kuklách klíněnek. Vosičky vyhledávají housenky v listech pomocí tykadél se specializovanými smyslovými štetinkami (senzily). Senzily na tykadlech si vosička neustále čistí pomocí předních nohou. To je tak rychlý úkon, že je výhodné využít uvedený model digitálního fotoaparátu s nastaveným záznamem videosekvencí až do maximální frekvence 1 200 fps.

Mikroskopická pozorování

Popisovaný fotoaparát bohužel nemá odnímatelný objektiv. Zatím neexistuje optomechanická spojka, kterou by se připojil k optické části mikroskopů. Zde je velký prostor pro vlastní adaptéry. Některé velmi rychlé procesy pozorovatelné pod mikroskopem jsme už začali s výhodou snímat.

Počítačové zpracování získaného obrazu

Software dodávaný k tomuto fotoaparátu je jednoduchý a nelze v něm provádět hlubší analýzy. Můžeme ovšem využít výhod dalších programů pro editaci obrazu (jak komerčních, tak volně dostupných freeware nebo Open Source). Rovněž pro zpracování videosekvencí máme k dispozici celou řadu softwarových prostředků. S výhodou lze využít výše zmíněný výkonný „free“ program Virtual Dub. Jelikož fotoaparát Casio Exilim Pro EX-F1 ukládá videosekvence ve formátu MOV (Quick-

5 Záznam části videosekvence pořízení páteříčka (*Cantharis*) plovoucího na hladině tůň pruhem duhovým (*Oncorhynchus mykiss*), pořízený digitálním fotoaparát Casio Exilim Pro EX-F1 (rozlišení 512×384 pixelů, frekvence 300 fps, přičemž byl do sestavy vybrán každý desátý snímek). Snímky F. Weydy

Time Movie, s nímž některé počítačové programy neumějí pracovat), je výhodné změnit tento formát na formát AVI (Audio Video Interleave).

Budoucnost vysokorychlostní digitální fotografie

Nejprve se zdálo, že model digitálního fotoaparátu Casio Exilim Pro EX-F1 svým vysokorychlostním fotografováním a snímáním videosekvencí bude v této kategorii jakousi výjimkou. Už pozornost, jakou firma věnovala tomuto modelu na světovém veletrhu fotografické techniky Photokina 2008, i zájem návštěvníků naznačovaly, že je vysokorychlostní snímání pokrokem. Záhy následoval model Casio Exilim EX-FH20, který měl větší rozlišení a poněkud menší rychlost snímání (do 40 fps ve fotosekvenci a 1 000 snímků ve videosekvenci). Nyní jsou na trhu další modely různých digitálních aparátů firmy Casio, jako jsou třeba EX-FH100BK, EX-FH25, EX-FC150BK, EX-FC100BK, EX-FC100WE a EX-FS10RD (to je nejmenší vysokorychlostní kompak). Každý tento přístroj má trochu jiné vlastnosti, a proto je nutné dobře vybírat. Objevil se již také model elektronické zrcadlovky jiné firmy, a to Fujifilm FinePix HS10 s obdivuhodným rozsahem zoomu (30×) a snímáním vysokorychlostních videosekvencí 1 000 fps. Jsem přesvědčen, že další modely dalších firem budou následovat a že se vysokorychlostní snímání stane běžnou vlastností moderních digitálních fotoaparátů. Předpokládám také, že se u budoucích digitálních fotoaparátů zvýší i rozlišení videozáznamu o vyšších frekvencích. To by přineslo možnost nejen jednotlivé snímky (frames) z videozáznamu studovat, ale také je prezentovat a publikovat při vyšší kvalitě výsledného obrazu.

Na závěr bych chtěl vyjádřit přání, aby naši biologové využili možností, které nám tyto (kromě jiného i finančně dostupné) digitální fotoaparáty nabízejí, s vědomím, že zatím mají spíše amatérské parametry. Nicméně lze s nimi s trochou zručnosti dosáhnout v biologii pozoruhodných výsledků, a to je hlavní kritérium. Samozřejmě, že snímání videosekvencí digitálními fotoaparáty, byť pokrok je na tomto poli více než zřejmý, zcela nenahradí digitální videorekordéry. Sbližování a prorůstání „foto“ a „video“ v digitální technice však už nikdo nezabrání.

Výzkum je podpořen grantem č. 2B06005 MŠMT ČR.