

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Diplomová práce

Propojení digitální fotografie s technologií GPS

Petr Kratochvíl

© 2011 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Propojení digitální fotografie s technologií GPS" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1. 4. 2011

Petr Kratochvíl

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Václavu Vostrovskému, Ph.D. za odborné a laskavé vedení mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat ostatním pedagogům ČZU, kteří se na tvorbě mé práce nepřímo podíleli.

Poděkování směřuje i Pavlu Boreckému a dalším kolegům respondentům za postřehy a názory z fotografické praxe a praxe s geotaggingem. Bc. Janě Zachové a Ing. Markétě Kotkové děkuji za pomoc při textových a jazykových korekturách.

Propojení digitální fotografie s technologií GPS

Interconnection of Digital Photography with GPS technology

Souhrn

Digitální fotografie a GPS se stala běžnou a nedílnou součástí našeho každodenního života. Tato diplomová práce se zabývá možnostmi, jak obě tyto technologie propojit za účelem jejich optimálního využití. Zápisem geografických dat do metadat digitálních fotografií se získá možnost s fotografiemi pracovat mnohem efektivněji při jejich katalogizaci a třídění. Současně tato data slouží k určení polohy pořízení fotografie a její následné vizualizaci na mapovém podkladu. Dalším efektivním krokem je přidání azimutu do EXIF metadat souboru a využití této informace v praxi.

Summary

Digital photography and the GPS has become a routine and integral part of our everyday lives. This thesis deals with ways of linking these two technologies to ensure optimal utilization. Registration of geographical data in the metadata of digital photos to get the opportunity to work with images much more efficiently in their cataloging and classification. Concurrently, the data is used to determine the position of taking a photo and subsequent visualization on a map background. The next step is to add efficiency in azimuth to the EXIF metadata file and use this information in practice.

Klíčová slova

Azimut, digitální fotografie, EXIF, geotagging, GPS, Google Earth, kompas, mapa, metadata, propojení.

Keywords

Azimuth, digital photography, EXIF, geotagging, GPS, Google Earth, compass, map, metadata, interconnection.

Obsah

1. ÚVOD	11
2. CÍL PRÁCE A METODIKA.....	12
2.1. CÍL PRÁCE	12
2.2. METODIKA	12
3. PRINCIPY DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE A GPS LOKALIZACE	14
3.1. PRINCIP DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE.....	14
3.2. HISTORIE FOTOGRAFIE	14
3.2.1. <i>Princip zpracování fotografie v digitálních fotoaparátech</i>	16
3.3. OBJEKTIV	17
3.3.1. <i>Ohnisko</i>	18
3.4. SNÍMACÍ ČIPY	18
3.4.1. <i>Snímání barevného obrazu</i>	20
3.4.2. <i>Druhy CCD čipů</i>	22
3.4.3. <i>CMOS čipy</i>	23
3.5. OBRAZOVÝ PROCESOR	24
3.6. GLOBÁLNÍ DRUŽICOVÝ POLOHOVÝ SYSTÉM - GNSS	26
3.6.1. <i>GPS</i>	28
3.6.2. <i>Galileo</i>	35
4. MOŽNOSTI PROPOJENÍ DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE S GPS	37
4.1. ZÁPIS METADAT	37
4.1.1. <i>Zápis souřadnic do EXIF</i>	37
4.1.2. <i>Zápis azimutu do EXIF</i>	38
4.1.3. <i>Zápis ohniskové vzdálenosti do EXIF</i>	40
4.1.4. <i>Velikost snímacích čipů</i>	41
4.2. GEOTAGGING	42
4.2.1. <i>Souřadnicový systém WGS84</i>	42
4.2.2. <i>Webové stránky</i>	44
4.2.3. <i>Fotografie</i>	45
4.3. PROGRAMY PRO GEOTAGGING.....	45
4.3.1. <i>GeoSetter</i>	45
4.3.2. <i>Pictomio</i>	47
4.3.3. <i>Zoner Photo Studio</i>	49
4.3.4. <i>Picasa</i>	51
4.3.5. <i>Panoramio</i>	53
4.3.6. <i>Google Maps + Google Earth</i>	54
4.4. HARDWARE PRO GEOTAGGING	56
5. NÁVRH VYUŽITÍ LOKALIZACE DIGITÁLNÍCH SNÍMKŮ	58

5.1.	ZORNÝ ÚHEL	58
5.2.	PRAKTICKÉ VYUŽITÍ	59
5.2.1.	<i>Dokumentační (technická) fotografie</i>	59
5.2.2.	<i>Časoběrné fotografie (geomorfologie, botanika, ornitologie, atd.)</i>	59
5.2.3.	<i>Praktické (pokusné) fotografování</i>	61
5.3.	DOTAZOVÁNÍ NA TÉMA GEOTAGGING	65
5.3.1.	<i>Analýza dat</i>	66
5.3.2.	<i>Interpretace výsledků</i>	66
5.4.	GOOGLE EARTH	70
5.4.1.	<i>Současný stav</i>	70
5.4.2.	<i>Navrhované zlepšení</i>	71
6.	PŘÍNOSY A NEDOSTATKY PROPOJENÍ	74
6.1.	PŘÍNOSY	74
6.2.	NEDOSTATKY	75
7.	ZÁVĚR	78
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	79
9.	PŘÍLOHY	81

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Počty družic. ^[13]	30
Tabulka č. 2 - Popis GPS tagu ve specifikaci metadat EXIF. ^[15]	37
Tabulka č. 3 - Označení a rozměry snímacích čipů. ^[8]	42
Tabulka č. 4 - Kompaktní fotoaparáty s integrovaným GPS přijímačem. (zdroj: autor práce)	56
Tabulka č. 5 - Naměřené hodnoty a skutečnosti při fotografickém výzkumu. (zdroj: autor práce)	65

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Pohled z Niépcova okna, fotografie z roku 1826. ^[6]	15
Obrázek č. 2 - Princip digitálního fotoaparátu. ^[5]	16
Obrázek č. 3 - Zoomové objektivy umožňují plynule měnit výřez scény a tím i zvětšení objektů bez nutnosti změny polohy fotoaparátu. ^[7]	18
Obrázek č. 4 - Expozice CCD snímače. ^[10]	19
Obrázek č. 5 - Přesun informace z jednotlivých pixelů směrem k zesilovači (čtení). ^[10]	20
Obrázek č. 6 - Bayerovské schéma RGBG. ^[8]	21
Obrázek č. 7 - Bayerovské schéma interpolace ze čtverce 2×2 pixely. ^[8]	21
Obrázek č. 8 - Tvary buněk CCD čipu. ^[8]	22
Obrázek č. 9 - CMOS čip Foveon X3. ^[8]	24
Obrázek č. 10 - Obrazový procesor Canon DIGIC. ^[11]	25
Obrázek č. 11 - Schematické znázornění principu určení místa polohy. ^[14]	28
Obrázek č. 12 - Schematické znázornění oběžných drah družic. ^[13]	31
Obrázek č. 13 - Poloha magnetického pólu země v jednotlivých letech. ^[16]	39
Obrázek č. 14 - Čip elektronického kompasu HMC6343 od společnosti Honeywell. ^[17]	40
Obrázek č. 15 - Porovnání velikostí snímacích čipů. ^[8]	41
Obrázek č. 16 - Ukázka prostředí programu GeoSetter. (zdroj: autor práce)	46
Obrázek č. 17 - Ukázka prostředí programu Pictomio. (zdroj: autor práce)	48
Obrázek č. 18 - Ukázka prostředí programu Zoner Photo Studio. (zdroj: autor práce)	50
Obrázek č. 19 - Ukázka prostředí programu Picasa. (zdroj: autor práce)	52
Obrázek č. 20 - Ukázka prostředí programu Google Earth. (zdroj: autor práce)	55
Obrázek č. 21 - Znázornění ohniskové vzdálenosti a odpovídajícího zorného úhlu pro kinofilm. ^[24]	58
Obrázek č. 22 - Referenční fotografie z pozice č.1. (zdroj: autor práce)	62
Obrázek č. 23 – Fotografie výzkumu z pozice č.1 (12x zoom). (zdroj: autor práce)	63
Obrázek č. 24 – Fotografie výzkumu z pozice č.1 (12x zoom). (zdroj: autor práce)	64
Obrázek č. 25 - Ukázka nepřehlednosti čtvercových ikoněk. (zdroj: autor práce)	71
Obrázek č. 26 - Ukázka ikoněk pro určení směru záběru (0°, 45°, 90°, 135°, 180°). (zdroj: autor práce)	72
Obrázek č. 27 - Ukázka ikoněk pro určení směru záběru na mapovém podkladu. (zdroj: autor práce)	72
Obrázek č. 28 - Ukázka zobrazeného úhlu záběru na locr.com. (zdroj: autor práce)	75

1. Úvod

Od nepaměti se lidé snaží získávat a hlavně uchovávat informace tak, že je zachycují jako obrazy, náčrtky nebo s určitým řádem tvoří plány. S příchodem fotografie se naskytla možnost danou realitu zachycovat tak, jak ji člověk skutečně vidí přesně v daný okamžik, ve chvíli, kdy zmáčkl spoušť fotoaparátu. Takto pořízený fotografický snímek obsahuje obrazové informace o tom, zda byl snímek pořízen ve dne nebo v noci, jestli bylo slunečné počasí nebo pršelo, zkušený pozorovatel může odhadnout, jak jsou předměty nebo osoby, které jsou na fotografii, vzdáleny od místa, odkud se snímek pořizoval, apod. Tyto informace, víceméně subjektivní povahy, byly s příchodem digitální fotografie doplněny a někdy i nahrazeny údaji zapisovanými do tzv. EXIF (zkratka z anglického Exchangeable image file format) oddílu vkládaného do souboru digitálního snímku. V EXIF jsou umístěny informace o datu a času pořízení snímku, času expozice, cloně, ohniskové vzdálenosti objektivu a další. Tyto informace jsou metadata digitální fotografie.

Global Positioning System tzv. GPS je systém určování polohy za použití přijímače družicového signálu. Přijímač tento signál vyhodnotí a na jeho základě určí polohu v zeměpisných souřadnicích délky a šířky, kde se momentálně nachází. Takto získané zeměpisné souřadnice lze pak využít k dalšímu zpracování např. v určení polohy lodě a nahrazení tak klasického sextantu, v automobilových nebo turistických navigacích, v přístrojích pro práci geodetů a pro aplikace GIS (Geografický informační systém) obecně. V GIS aplikacích jsou souřadnice zeměpisné polohy propojeny s mapovými podklady a lze tak jednoduše zobrazit, kde se právě daný přijímač nachází v zobrazení na mapě.

Propojením těchto dvou technologií, tj. digitální fotografie a technologie GPS tak, že do metadat se zapíše pozice v podobě zeměpisných souřadnic a směr, kterým byl snímek pořízen, nám dává zcela nové informační možnosti. Na základě těchto údajů lze určit a později zobrazit na mapě to, co bylo fotografováno. V EXIF nebo jinak strukturovaných metadatach jsou všechny potřebné údaje k tomu, aby se dal vypočítat např. úhel záběru objektivu a ten pak promítnout do mapového podkladu. Propojení digitální fotografie s technologií GPS přináší nové informace, které lze z fotografie získat.

2. Cíl práce a metodika

2.1. Cíl práce

Cílem této práce je na základě objasnění principů digitální fotografie a technologie družicové navigace GPS vymezit možnosti propojení těchto dvou technologií se zřetelem na použití běžně dostupných hardwarových i softwarových prostředků. Navržením konkrétního řešení pro využití takového propojení demonstrovat možnosti tohoto propojení pro praktické využití.

2.2. Metodika

Samotnému zpracování diplomové práce předcházela syntéza vlastních zkušeností a studia dostupných materiálů, mezi které patří zejména odborná literatura a internetové prameny.

Pro objasnění základních principů se bude práce zabývat tím, jak vzniká digitální fotografie a soubor, který tuto fotografii popisuje, včetně připojených metadat. Dále bude objasněno, na jakém principu pracuje satelitní navigační systém GPS (Global Positioning System) a bude poukázáno i na systém Galileo budovaný státy Evropské unie, a to z toho důvodu, že pro samotnou lokalizaci digitální fotografie není rozhodující, odkud jsou údaje o zeměpisné poloze získány.

Dále bude popsán možný způsob, jak do metadat souboru digitální fotografie umístit informace získané z přijímače GPS signálu a jak tyto informace využít. Bude vymezen vztah mezi ohniskovou vzdáleností objektivu a velikostí fotografované plochy v závislosti na úhlopříčce světlocitlivého snímacího čipu.

Po zhodnocení možností propojení, bude navržen postup, jak takto lokalizované fotografie využít v praktické aplikaci a jak z těchto snímků získávat potřebné informace, jako je především poloha fotoaparátu při pořizování snímku, směr záběru a tzv. zorný úhel záběru. Z těchto údajů, promítnutých do mapového podkladu, lze pak vytěžit informace „*co a kde*“ je na fotografii. Budou použity i závěry z dotazování a ze zkušebního fotografování.

Na základě předchozí analýzy řešení propojení digitální fotografie s technologií GPS proběhne zhodnocení kladů a záporů, které toto propojení přináší.

3. Principy digitální fotografie a GPS lokalizace

3.1. Princip digitální fotografie

Každý fotoaparát se skládá z objektivu, který soustřeďuje jím procházené světlo na světlocitlivý materiál, kde vzniká výsledný fotografovaný obraz. Objektiv a film, jejich kvalita byla rozhodující pro vznik výsledného snímku u tzv. analogového fotoaparátu. Ani s příchodem digitální technologie do fotografování se na tomto základním principu nic nezměnilo a i u digitálního fotoaparátu je alfa a omega pro výsledek pořízené fotografie kvalita a parametry objektivu a světlocitlivého snímacího čipu, který převádí dopadající světlo na elektrický náboj. U digitálního fotoaparátu do hry ještě vstupuje elektronika, která zajišťuje kompletní zpracování obrazu od zpracování signálu ze snímače, až po uložení výsledné fotografie – datového souboru na paměťové médium. V dnešní době je to stále více používaný formát obrazového souboru JPG / JPEG rozšířený o metadata EXIF s informacemi o dané fotografii.^[1]

3.2. Historie fotografie

Vznik prvního fotoaparátu a první fotografie je poměrně nedávnou záležitostí. Předchůdkyně první fotografie byla tzv. daguerrotypie. Oficiálně vynález představil veřejnosti slavný francouzský fyzik Dominique Francois Arago 19. srpna roku 1839 na zasedání Francouzské akademie věd. V Paříži následně vypukla vlna nadšení, každý chtěl mít doma onen zázrak vědy, jež dokáže tak rychle a přesně zachytit obraz okolí. Vynálezce Louis Jacques Mandé Daguerre se tak stal známým po celé zemi. První dochovaná fotografie je ale „Pohled oknem na dvůr“, ta vznikla již v roce 1826 a jejím autorem byl Joseph Nicéphore Niepce.

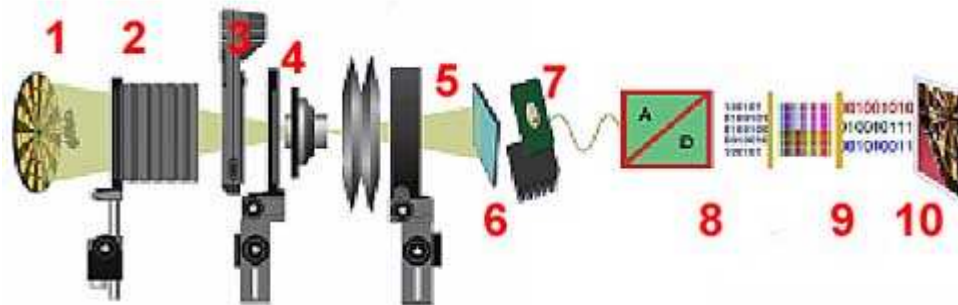


Obrázek č. 1 - Pohled z Niépceova okna, fotografie z roku 1826.^[6]

První fotografie byla exponována neuvěřitelných 8 hodin na „citlivou“ vrstvu asfaltu (dnešní moderní digitální fotoaparáty s elektronickými závěrky dokáží exponovat čip 1/8000 sekundy). Poté šel vývoj celkem rychle, fotografie si záhy našla místo ve všech sférách lidského života, pronikala i do vědy a umění. V roce 1855 vznikly první válečné fotografie, které sice nedokázaly zachytit dynamiku bitvy, ale její tvář a pocity ano. Touha získávat stále kvalitnější a „dynamičtější“ fotky vedla pana Muybridge k tomu, aby vymyslel řadu 36 komor a postavil je do řady vedle sebe ve směru pohybu. Za dalších 33 let a po objevu svitkového filmu vznikla první kamera a biograf.

První digitální fotoaparát spatřil světlo světa až v roce 1981 v laboratořích firmy Sony pod označením MAVICA. Informace byly ukládány na magnetické pružné disky, jeho rozlišení činilo 290kPix. Tento fotoaparát se ale nikdy nedostal do běžného prodeje, prvním prodáváním se stal v roce 1986 až Canon RC-701 obsahující CCD čip velikosti 6,6 x 8,8 milimetrů (úhlopříčka 11 milimetrů) s rozlišením 712 x 534 bodů, což je 380 000 obrazových elementů. Záznam byl prováděn na tehdy standardní diskety.^[4]

3.2.1. Princip zpracování fotografie v digitálních fotoaparátech



Obrázek č. 2 - Princip digitálního fotoaparátu.^[5]

Základní princip digitální fotografie má mnoho společného s klasickou analogovou fotografií, což je patrné z obrázku č. 2. Tento princip lze popsat těmito body:

- Světlo odražené od snímaného objektu (na obrázku označeno číslem 1) prochází nejprve stínítkem (č. 2), kde se odstraní nežádoucí světelné paprsky dopadající šikmo na objektiv.
- Množství světla dopadající na snímač je určeno nastavením závěrky (č. 3) a clony na objektivu (č. 4).
- Obraz předmětu se promítá na citlivou vrstvu, zde CCD nebo jiný snímač (č. 6).
- CCD snímač je zároveň významně ovlivňován konstrukčními prvky digitální kazety (č. 7) - tj. eliminace šumu aktivním chlazením, způsob tvorby barevných separací Ishot/multishot atd.
- Sejmутý obraz je převeden do číslicových kódů analogo-digitálním převodníkem (č. 8).
- Barevný mód RGB je zpracován v obrazovém procesoru (č. 9).
- Obraz je uložen na paměťové médium (č. 10).^[5]

Počátky digitální fotografie souvisejí s vynálezem integrovaných obvodů, umožňujících zaznamenat obraz pomocí elektrických signálů. Princip záznamu spočívá v konverzi světelného záření dopadajícího na jednotlivé obrazové elementy (pixely) světlocitlivého senzoru na elektrický náboj. Počet lokálně generovaných elektronů přitom odpovídá intenzitě dopadajícího světelného záření. Se světlocitlivými senzory se můžeme setkat v různých vědních oborech a oblastech spotřební elektroniky, např.

- v přenosných zařízeních (videokamery, kapesní počítače, digitální fotoaparáty, videotelefony),
- v domácnostech (PC kamery, domácí videotelefony, skenery, digitální televize),
- ve veřejných službách (profesionální TV kamery, mikrokamery, kamery v dopravních prostředcích a na veřejných prostranstvích, čtečky čárového kódu),
- ve vědeckovýzkumných pracovištích (astronomické teleskopy, meteorologické a satelitní kamery, optická čidla robotů, zařízení pro rozpoznání znaků),
- v zábavním průmyslu (hračky a hry).

Právě široký rozsah aplikací klade na záznamové prvky značné, mnohdy však protichůdné nároky. Pro některé aplikace je nutná miniaturizace, pro jiné vysoké rozlišení, citlivost či rychlost odezvy. Důležitou roli hraje i cena zařízení, proto jsou používány různé principy záznamu informace, které se liší jak strukturou záznamového prvku, tak i celkovou konstrukcí záznamového zařízení. Tato zařízení jsou v mnoha případech využívána jako vstupní zařízení počítačů a podporují rozvoj nových vědních oborů (počítačové vidění, digitální zpracování obrazů apod.).

3.3. Objektiv

Dá se říct, že objektiv je oko každého digitálního fotoaparátu, jeho ideální podoba ale bohužel neexistuje. Každý objektiv je tedy jakýmsi kompromisem, protože z jedné strany je limitován přírodou a jejími fyzikálními zákony, z druhé strany složitostí, vahou, rozměry, ale i cenou atd. Objektiv je soustava čoček používaná ve fotoaparátu k soustředění světla na senzor. Mezi objektivy fotoaparátů, kamer, dalekohledů, mikroskopů a dalších optických zařízení v principu není rozdíl, liší se však svou konstrukcí.

Jakákoliv spojná čočka, či dokonce pouhý otvor v neprůsvitném materiálu, známý z principu camera obscura, může posloužit jako primitivní objektiv. V praxi se však používá soustav několika různých druhů čoček kvůli potlačení různých optických vad. Taková optická soustava pak může být schopna i měnit svoji ohniskovou vzdálenost tzv. zoomovat.^[7]

3.3.1. Ohnisko

Ohnisko určuje výřez scény, který budeme zaznamenávat, definuje zorný úhel, který objektiv přenesse na senzor. Je všeobecně známo, že objektivy se dělí do dvou základních skupin - s proměnným ohniskem (tzv. zoomy) a s pevným ohniskem.

„Nejkvalitnější a nejsvětelnější jsou objektivy s pevným ohniskem, protože jejich konstrukční složitost, zejména počet vzájemně pohyblivých součástí je o řád nižší než u zoomů. Daní za lepší kresbu je ale nepohotovost snímání - výřez scény je nutné měnit polohou fotoaparátu vůči fotografované scéně. Z hlediska kvality jsou pevná skla (jak se často objektivům říká) následovány zoomy s krátkým rozsahem (3-5x) a nejhůř jsou na tom zoomy s velkým rozsahem (>5x). Při dnešních technických možnostech ale dosahují kvalitní zoom objektivy takové kresby, která je často zcela vyhovující i pro náročnou profesionální práci.“^[7]



Obrázek č. 3 - Zoomové objektivy umožňují plynule měnit výřez scény a tím i zvětšení objektů bez nutnosti změny polohy fotoaparátu.^[7]

3.4. Snímací čipy

Při koupi digitálního fotoaparátu mnoho lidí nehledí na nic jiného než na rozlišení a předpokládá, že čím vyšší, tím lepší. U digitálních fotoaparátů to ale není tak jednoduché. Je příjemné mít malý digitální fotoaparát s rozlišením 10Mpx, ale v tomto případě se již projeví velikost čipu, a to vznikem nejčastěji tepelného šumu. Jak tedy takový CCD

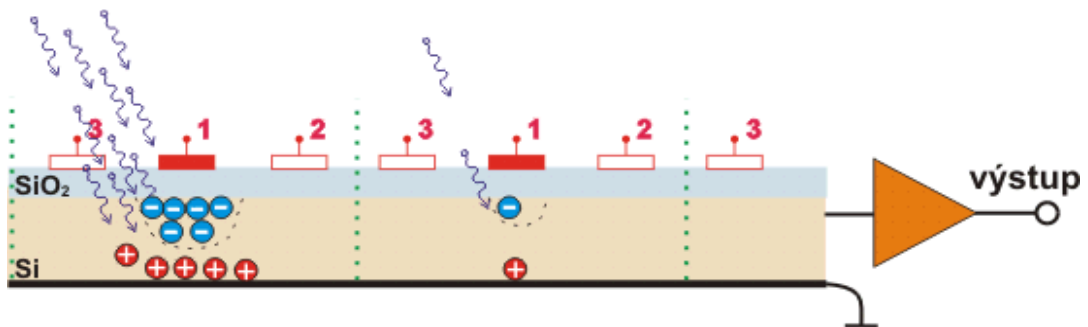
snímač, který je nejběžnějším snímačem v kompaktních fotoaparátech, funguje. Zkratka CCD pochází z anglického Charge-Coupled Device, což v překladu znamená zařízení s vázanými náboji. Princip CCD snímače vychází ze známého fyzikálního jevu zvaného fotoefekt, který popisuje schopnost fotonu (částice světla) při nárazu do atomu přesunout jeden jeho elektron do excitovaného stavu, což v praxi znamená, že elektron je přenesen do vyšší energetické hladiny než je pozorovatelné za běžného stavu a předá mu svoji energii. Činnost snímače je rozdělena na tři části:

- **příprava CCD**

Za nepřítomnosti světla se odeberou z čipu všechny volné elektrony, což se rovná smazání předchozího snímaného obrazu.

- **expoze obrazu**

Na elektrody označené číslem 1 je přivedeno kladné napětí a zároveň je čip osvětlen. Dopadem fotonů uvolněné elektrony jsou záporné, tudíž jsou přitahovány na kladně nabitou elektrodu, jak je vidět na obrázku č. 4. (čárkovaná čárka je hranicí jednotlivých pixelů snímače)

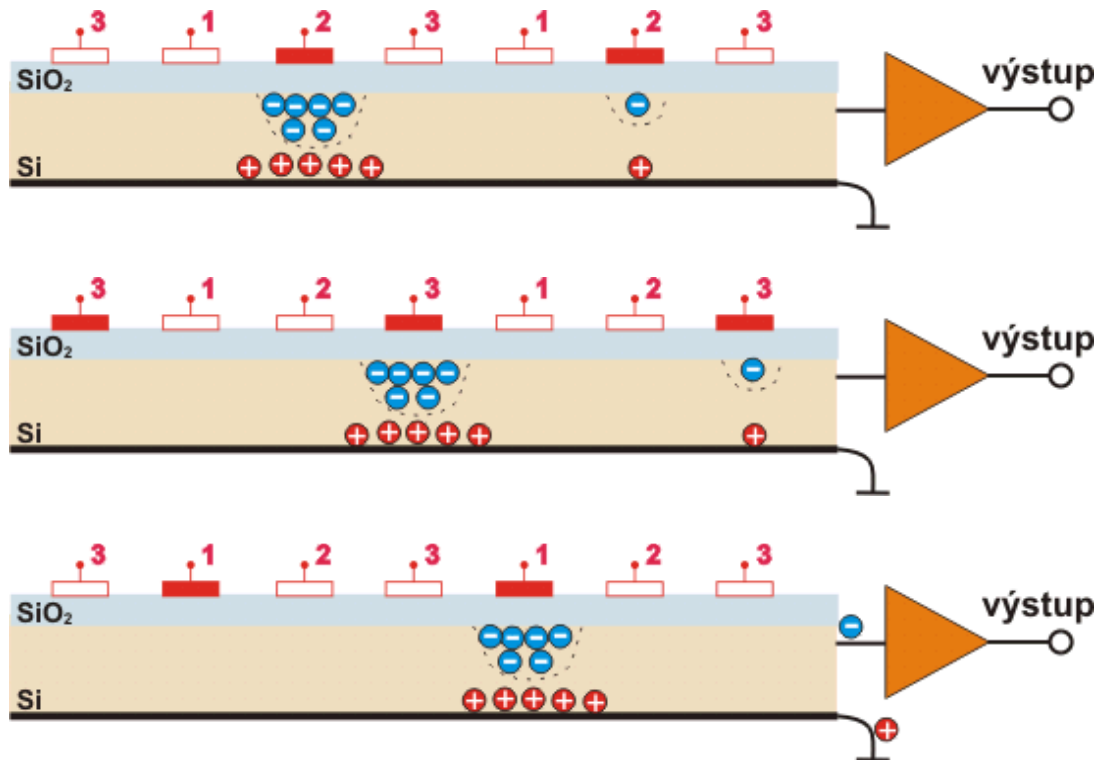


Obrázek č. 4 - Expoze CCD snímače.^[10]

- **zesílení vstupních dat**

Po uzavření závěrky je na elektrody přiveden trojfázový hodinový signál, tzn. na druhé elektrodě se postupně zvyšuje napětí, zatímco na první se lineárně zmenšuje. Elektrony uvolněné po srážce s fotonem se přesunou od první k druhé elektrodě. Následně hodinový puls začne postupně zvyšovat napětí na třetí elektrodě a snižovat na druhé. Tento děj se opakuje postupně se všemi elektrodami, čímž dochází k pohybu volných elektronů

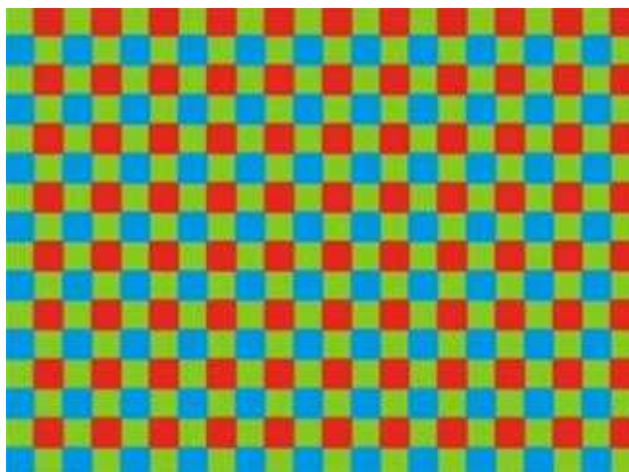
k výstupnímu zesilovači, který zesílí malý vstupní proud pro další zpracování obrazu v obrazovém procesoru.^[8]



Obrázek č. 5 - Přesun informace z jednotlivých pixelů směrem k zesilovači (čtení).^[10]

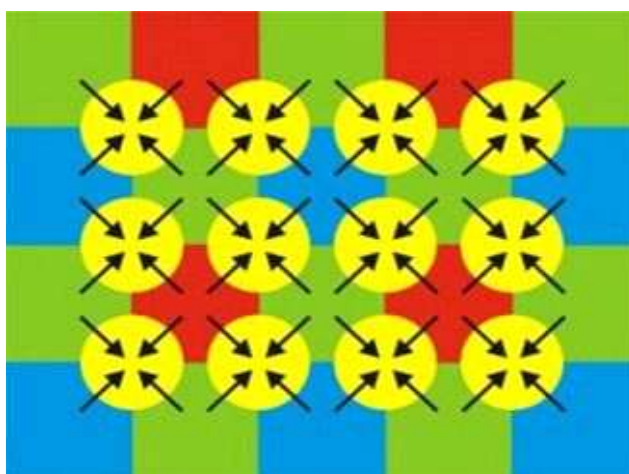
3.4.1. Snímání barevného obrazu

Snímání barevného obrazu probíhá v principu stejně jako snímání černobílé, jediný rozdíl je v použití bayerovského uspořádání čipu (používá se pouze jeden čip, třívrstvá architektura je velmi drahá a v běžných digitálních fotoaparátech se nepoužívá). Princip je založen na nepřesném vnímání lidského oka, pro nějž je nejdůležitější barva zelenožlutá, proto je v čipu dvojnásobek buněk na tuto barvu citlivých.



Obrázek č. 6 - Bayerovské schéma RGBG.^[8]

Protože každý samostatný pixel nese přesnou informaci o sejmuté barvě (pouze RGB), musí se následně získaná data (stejným způsobem jako u jednoduchého snímače) interpolovat z nejbližších ostatních pixelů. Z níže uvedeného obrázku je patrné (žlutá kolečka), ze kterých pixelů byla dopočítána plnohodnotná barva.



Obrázek č. 7 - Bayerovské schéma interpolace ze čtverce 2x2 pixely.^[8]

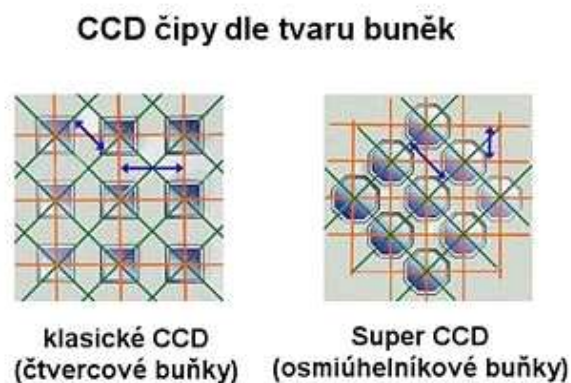
Nevýhodou této interpolace je snížení rozlišení barevné informace. Nejčastěji se projevuje v okrajích, kde se může složit výsledná barva pouze ze dvou pixelů. Z tohoto vychází následná častá informace dodávaná výrobcí o reálném počtu pixelů (ty, které opravdu čip obsahuje) a efektivním počtu pixelů (ty pixely, které jsou opravdu vidět, u ostatních dochází k ořezu pro zachování dostatečné informace). Samozřejmě i toto někdy výrobcí digitálních fotoaparátů obcházejí a různými matematickými funkcemi se snaží

dopočítat reálnou hodnotu. Tato hodnota ale vždy nemusí odpovídat zcela skutečnosti a může docházet k barevnému zkreslení v krajích fotky (obzvláště ve špatně osvětlených situacích).

3.4.2. Druhy CCD čipů

První CCD čip vyvinuli v roce 1969 pánové George Smith a Willard Boyle z Bell Labs (charge-coupled device). Původní CCD bylo zamýšleno jako paměť, až v roce 1975 byl uveden první fotoaparát, který používal CCD čip.

Druhy čipů lze rozdělit na lineární a plošné, které ještě dále dělíme na prokládaný sken a progresivní sken. U lineárního čipu získáváme dvojrozměrný obraz vzájemným pohybem snímače a snímané předlohy. Tento čip našel své využití ve faxech, čtečkách čárových kódů, kopírkách atd., ale do digitálních fotoaparátů je nepoužitelný. Pro fotoaparáty se používá plošný čip s určitým poměrem stran (3:2, 4:3, ...). Prokládaný sken spočívá v osazení pomocných registrů, do nich se nejdříve ukládají liché a pak sudé řádky. Na konci se liché a sudé řádky složí do výsledného obrazu. Nevýhodou vložení meziregistrů a skládání obrazu je nutná větší interpolace a tím ztráta kvality obrazu. Tato technologie byla primárně určena pro televizní přijímače a kamery, nelze zde použít elektronickou závěrku pro kratší časy.



Obrázek č. 8 - Tvary buněk CCD čipu.^[8]

U progresivního čipu lze již použít elektronickou závěrku. U tohoto čipu se vyčítají řádky do registru najednou, což znamená, že se vyčte první řádka a hned po ní následují ostatní. Hlavní výhodou je větší přesnost a rychlost zpracování.

Podle tvaru buňky čipu rozlišujeme na čtvercové a osmiúhelníkové. Výhoda osmiúhelníkových buněk je v lepším pokrytí čipu a následné interpolaci barev oproti čtvercovým, nedochází tolik ke ztrátám barevné informace. Každá z osmiúhelníkových buněk obsahuje dvě diody: primární, ta je nastavená na přesné zpracování jasů s nižším dynamickým rozsahem a sekundární, která je nastavená na méně přesné zpracování jasu s větším dynamickým rozsahem, tím se získá větší rozsah čipu.^[9]

3.4.3. CMOS čipy

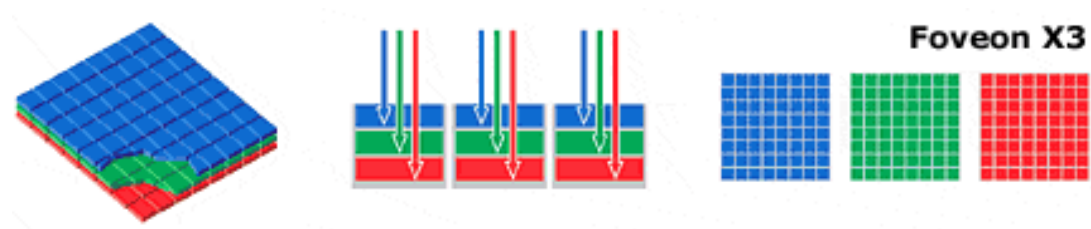
Výroba CMOS čipu probíhá poměrně starou technologií, která je známá již od roku 1963 a používána je hlavně u integrovaných obvodů, jako jsou mikroprocesory nebo paměti typu SRAM. Stejně jako CCD čipy používají CMOS čipy elektrody typu MOSFET, ale na rozdíl od CCD je do nich možné namontovat další obvody pro zpracování, stabilizaci a digitalizaci obrazu. Nevýhodou je menší citlivost na světlo, tu lze vyřešit přidáním miniaturních čoček na každý pixel. Výhody však převažují. Jsou jimi vyšší dynamický rozsah, nižší spotřeba energie a tak méně problémů s tepelným šumem. Tato technologie se používá zejména při sériové výrobě procesorů, což snižuje cenu těchto čipů na třetinu oproti CCD. První fotoaparáty s CMOS se objevily v roce 1998 a jejich výrobcem byla společnost Canon se svým fotoaparátem D30 s rozlišením 3,11Mpix.

CMOS čipy se dají rozdělit na pasivní (PPS) a aktivní (APS). Pasivní čipy jednoduše generují elektrický náboj úměrný dopadajícímu světlu na čip a přímo ho odvádějí přes zesilovač do AD převodníku jako CCD čipy. V praxi však dosahují horších výsledků, a proto se používají spíše APS čipy, kde je každá jednotlivá buňka doplněná vlastním analytickým obvodem, jež aktivně vyhodnocuje a odstraňuje šum. Využití nachází nejčastěji v zrcadlovkách zasahujících již i do amatérské třídy (např. Canon 400D, Nikon D80, D40). Ostatní zpracování je analogické s CCD snímači.

Na CMOS snímačích jsou založeny další snímače, jako je LiveMOS, který umožňuje náhled scény, marketingově nazvaný LiveView implementovaný do některých zrcadlovek. Tato funkce je mezi fotografickou veřejností, zabývající se focením na vyšší úrovni, dosti diskutabilní vlastností. Asi má svoji opodstatněnou výhodu třeba při focení makra.

Další zajímavou implementací je čip Foveon X3, který se pro své řešení často přirovnává ke klasické filmové fotografii. Křemíkové čidlo se skládá ze tří světlocitlivých

vrstev umístěných nad sebou a využívá fyzikálního jevu, kde světlo různých vlnových délek proniká do různých hloubek křemíkového čipu. Horní vrstva pak získává informaci o modré části barevného spektra, prostřední o zelené a poslední vrstva o červené. Toto řešení nemá před snímačem předřazen žádný mozaikový filtr. Z výše uvedeného vyplývá, že objem informací o snímaném obraze je trojnásobný v porovnání s klasickým čipem o stejném počtu buněk.

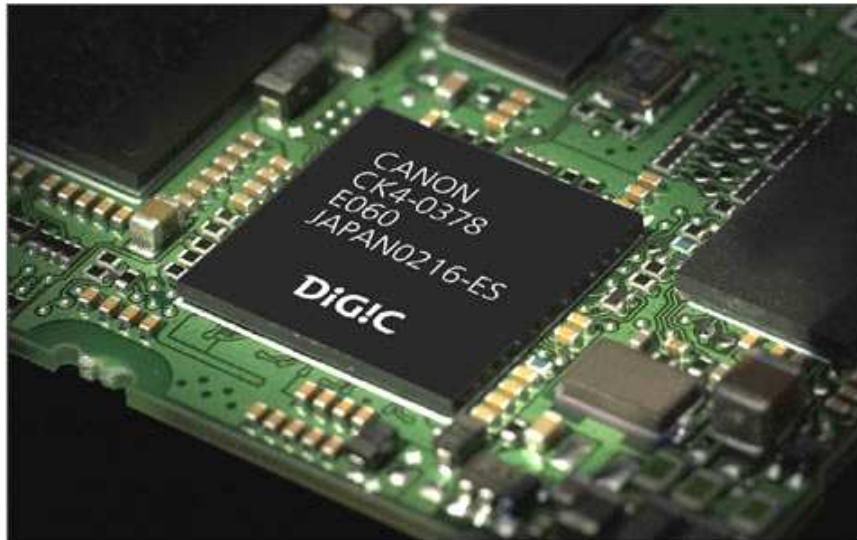


Obrázek č. 9 - CMOS čip Foveon X3.^[8]

Výhodou je zpracování každé barvy zvlášť, což sice přináší její věrohodnější zachycení, ale i nevýhodu v podobě trojnásobné velikosti dat a vysokých nákladů na výrobu. Technologie je zajímavá a mohla by časem nahradit klasické CMOS čipy.^[8]

3.5. Obrazový procesor

Kvalita obrazu závisí v digitální fotografii převážně na třech faktorech, a to na optice, na obrazovém senzoru a na obrazovém procesoru. První dva faktory jsou zmiňovány poměrně často a jsou všeobecně považovány za důležité, o třetím z nich, o obrazovém procesoru, se tolik nehovoří, což je překvapivé. Bez vysoce výkonného obrazového procesoru, který je schopen zpracovávat řadu nezbytných komplexních úloh, je totiž nemožné docílit vysokého standardu obrazové kvality. Obrazový procesor je v procesu zpracování snímku zařazen až za AD převodník a ovlivňuje vyvážení bílé, saturaci, barevný prostor, kontrast, kompresi do JPEG a další. Nabízí se i možnost procesor „obejít“ a uložit data v surovém stavu do RAWu, za předpokladu, že to fotoaparát umožňuje, následně obraz zpracovat v počítači. Každý z výrobců používá jiný procesor, Canon používá DIGIC, Olympus má svůj TruePic Turbo, Sony zase Real Imaging Procesor, a každý z nich jiný algoritmus pro zpracování obrazu. Někteří výrobci používají procesory třetích stran.



Obrázek č. 10 - Obrazový procesor Canon DIGIC.^[11]

Problémy spojené s méně kvalitními obrazovými procesory začínají u časů potřebných ke zpracování dat, které mohou výrazně zpomalit výkon fotoaparátu. Fotograf tak může nejen promeškat jedinečný okamžik, ale pomalý procesor má také negativní dopad na rychlost sekvenčního snímání. Kvalita fotografií z digitálního fotoaparátu závisí mimo jiné i na schopnosti obrazového procesoru přesně spočítat velké objemy obrazových dat, čímž lze docílit věrné reprodukce barev, hladkých a přirozených hran v obraze a redukce šumu na minimum. Vysoké rozlišení současných fotoaparátů znamená, že fotoaparát musí zpracovat větší množství dat, výkonný obrazový procesor se tak stává důležitějším než kdy předtím.

Obrazový procesor je tvořen kombinací hardware (čip) a software (algoritmy), mezi jeho úlohy pak patří shromažďování informací o jasu a barvě z jednotlivých pixelů a využití těchto informací k výpočtu správných hodnot jasu a barvy pro každý pixel. Kvalitní procesor umožňuje získat obraz s přirozenými a příjemnými barvami, vyváženým kontrastem a ostrostí. Tento proces je ovšem velmi komplexní a zahrnuje řadu operací a jeho úspěšnost závisí velkou měrou na „inteligenci“ aplikovaných algoritmů.^[11]

- **Správné barvy**

Jak již bylo uvedeno, obrazový procesor hodnotí údaje o barvě a jasu daného pixelu, poté je porovná s údaji ze sousedních pixelů a zpracuje tyto údaje s použitím komplexních algoritmů tak, aby získal korektní hodnotu barvy a jasu pro tento pixel. Obrazový procesor ale také posuzuje celý obraz, aby stanovil správné rozložení kontrastu.

Nastavením hodnoty gamma (zvýšení nebo snížení rozsahu kontrastu středních tónů snímku) docílujeme mnohem přirozenějšího podání citlivých barevných odstínů (např. pleťové barvy nebo modrých tónů oblohy).

- **Odstranění šumu**

V každém elektronickém obvodu se setkáme s jevem, který se nazývá šumem. V digitální fotografii je jeho vliv obvykle patrný jako náhodné body viditelně nesprávné barvy v jinak ucelené barevné ploše. Šum roste s teplotou a délkou expozice. Když je vybrána vyšší citlivost ISO, je elektronický signál v obrazovém senzoru zesílen, což současně zvyšuje úroveň šumu a následně vede k menšímu odstupu signálu od šumu. Dobrý obrazový procesor dokáže šum od obrazové informace odlišit a odstranit jej. Je to však dost náročný úkol, protože snímek může obsahovat oblasti s jemnými texturami, k jejichž ztrátám by mohlo dojít, pokud by s nimi bylo naloženo jako se šumem.

- **Hladké a ostré hrany**

Při výpočtu hodnot barvy a jasu každého pixelu je aplikováno určité změkčení obrazu. Cílem je vyrovnání nehomogenit, ke kterým může během tohoto procesu dojít. Aby však nedocházelo ke ztrátě hloubky, čistoty a jemných detailů, je třeba provést zostření hran a kontur, obrazový procesor proto musí být schopen správně detekovat hrany a zajistit jejich hladkou reprodukci bez přeostření.^[12]

3.6. Globální družicový polohový systém - GNSS

Globální družicový polohový systém (Global Navigation Satellite System - GNSS) je služba, která umožňuje pomocí družic prostorové určování polohy, a to na území celého světa. Výpočet polohy probíhá pomocí odeslaných signálů z družic do malých elektronických radiových přijímačů. Přesnost výpočtu je v civilních aplikacích desítky až jednotky metrů, ve speciálních nebo vědeckých aplikacích pak i několik centimetrů až milimetrů.

Jediný plně funkční systém provozuje armáda USA - NAVSTAR GPS. Ruská vláda schválila opětovné obnovení GNSS GLONASS do plného operačního stavu. Proces vývoje probíhá na evropském GNSS Galileo, čínském Compass, přičemž s jejich zprovozněním se počítá po roce 2012. Mimo GNSS však existují i regionální autonomní družicové polohové systémy, jako například Beidou-1 (Čína), IRNSS (Indie - ve vývoji) a QZSS (Japonsko).

- GNSS-1 Do první generace jsou zařazovány GPS a GLONASS s podpůrnými systémy SBAS, GBAS a LAAS. Tyto systémy byly prioritně vyvinuty pro vojenskou sféru a sekundárně zajišťují stálé globální pokrytí službou pro civilní sektor.
- GNSS-2 Do druhé generace se řadí vyvíjené GNSS jako GPS-III, Galileo, Compass. Zajišťují vysokou přesnost a spolehlivost pro aplikace Safety of Life plnohodnotné pro všechny uživatele.

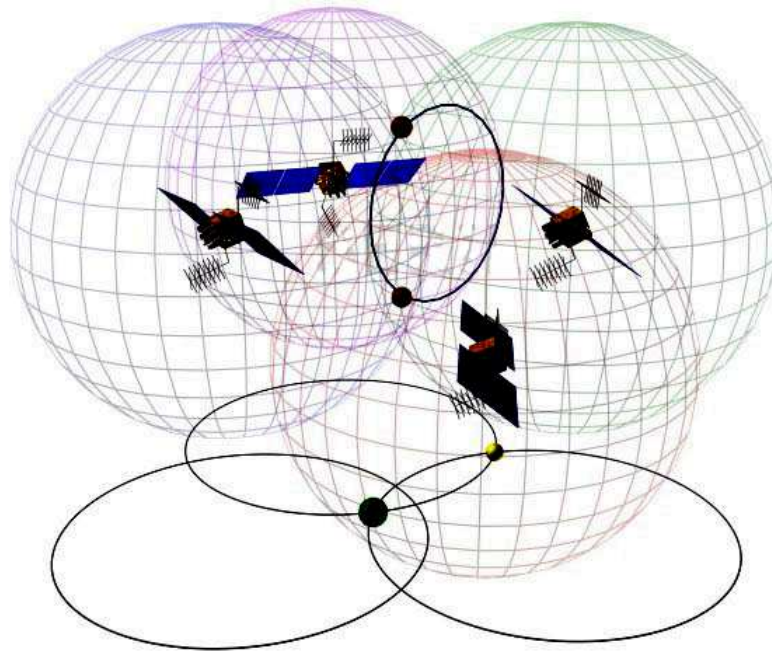
Družicové polohové systémy lze také nazvat družicovým radiovým dálkoměrným systémem. Jedná se o určení polohy objektu pomocí vzdáleností od bodů s již známou polohou (např. v krajině je možné určit polohu pomocí mapy a dalekohledu, který umí změřit vzdálenost od pozorovaného objektu, kdy je měřena vzdálenost ke dvěma význačným objektům a kružítkem na mapě nakreslena kolem každého objektu kružnice o změřeném poloměru, zjišťovaná poloha je pak v jednom z průsečíků obou těchto kružnic).

Rádiový dálkoměrný systém k měření vzdálenosti využívá radiových vln následovně: Do bodu, jehož polohu známe, je umístěn vysílač vysílající rádiové vlny s časovými značkami. V měřeném bodě umístíme přijímač, ten vyhodnocuje časové značky a tak lze změřit zpoždění, tedy čas, za který se rádiová vlna k přijímači vrátila. Rádiové vlny se pohybují známou rychlostí, což pro výpočet požadované vzdálenosti stačí vynásobením změřeného zpoždění touto rychlostí.

Družicovým je systém označován proto, že družice obíhající Zemi jsou zmíněné body se známou polohou. Aby bylo možno určit jejich polohu, musí jejich vysílání obsahovat časové značky i parametry dráhy dané družice.^{[13][2]}

Samotný princip určení polohy je poměrně snadný. Přijímač si z doby cesty signálu a z rychlosti světla, včetně započítání vlivů atmosféry, nejdříve vypočítá vzdálenost (princip je naznačen na obrázku níže). Pokud tedy zná přijímač jen vzdálenost k jedné z družic, dle pravidel geometrie předpokládá, že sám leží někde na plášti koule s poloměrem rovným této vzdálenosti, jejíž střed tvoří daná družice. Pokud ale zná vzdálenost i k jinému satelitu, může vypočítat průnik povrchů koule (kružnice). Se třetí koulí je možnost polohy zúžena jen na dva body, přičemž jeden z nich leží buď vysoko v prostoru nebo hluboko v Zemi a může se škrtnout. Uvedenému postupu se říká

trilaterace. V praxi se k určení polohy používá vždy nejméně čtyř družic, protože v měření a následném počítání vzdáleností vznikají nepřesnosti.^[2]



Obrázek č. 11 - Schematické znázornění principu určení místa polohy.^[14]

3.6.1. GPS

GPS je zkratkou pro Global Positioning System. Jde o vojenský polohový družicový systém, který provozuje Ministerstvo obrany Spojených států amerických. S pomocí GPS lze určit polohu a přesný čas kdekoli na Zemi nebo nad Zemí, a to s přesností první desítky metrů. Použitím dalších metod je možné přesnost zvýšit až na jednotky centimetrů. Některé z funkcí tohoto systému s omezenou přesností jsou volně k dispozici i civilním uživatelům, používají se v mnoha oborech. Na provoz GPS se každý rok z rozpočtu USA vynaloží asi 600 – 900 milionů dolarů.

Projekt rozšiřuje předchozí GNSS Transit (1964-1996) o kvalitu, dostupnost, přesnost a některé další služby. Systém GPS využívá ke své činnosti systém, jehož původní název je NAVSTAR GPS (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System), který nesou i družice. Sloučením dvou projektů určených pro určování polohy System 621B (USAF) a pro přesné určování času Timation (US Navy), byl v roce 1973

zahájen vývoj NAVSTAR GPS. Mezi léty 1974–1979 byly prováděny testy na pozemních stanicích, byl zkonstruován i experimentální přijímač. Od roku 1978–1985 začalo vypouštění 11 vývojových družic bloku I, od roku 1979 byl pak rozšířen původní návrh z nedostačujících 18 na 24 družic. Roku 1980 začalo vypouštění družic se senzory pro detekci jaderných výbuchů jako výsledek o zákazu jaderných testů mezi USA a SSSR. Projekt se však dostal na počátku 80. let do finančních problémů. V roce 1983 na palubě civilního dopravního letadla Korean Air Flight 007 (KAL 007), sestřeleného sovětskou stíhačkou, zahynulo 269 lidí. Americký prezident Ronald Reagan tehdy oznámil, že GPS bude po dokončení k dispozici i civilnímu obyvatelstvu. Během války v Zálivu, v roce 1990, byla z důvodu nedostatku armádních přijímačů dočasně deaktivována selektivní dostupnost (SA) pro neautorizované uživatele a zapojena byla opět 1. července 1991. Počáteční operační dostupnost (IOC) byla vyhlášena 8. prosince 1993 a plná operační dostupnost pak 17. ledna 1994, kdy byla na orbitu umístěna kompletní sestava 24 družic. Definitivně byla selektivní dostupnost zrušena 1. 5. 2000. První družice bloku IIR-M, podporující nový civilní signál označovaný L2C, byla vypuštěna 25. září 2005.

Celý systém GPS lze rozdělit do 3 segmentů:

➤ **Kosmický segment**

Původní projekt kosmického segmentu byl koncipován na 24 družic, ale nyní je využíván až na mezní počet 32. V případě dalšího navyšování počtu bude potřebná změna vysílaného signálu. Družice obíhají ve výšce 20200 km nad povrchem Země na 6 kruhových drahách se sklonem 55° , ty jsou vzájemně posunuty o 60° . Na každé z drah jsou (původně 4 pravidelně) nyní 5-6 nepravidelně rozmístěných pozic pro družice. Asi 1,8 tunová družice se na střední oběžné dráze (MEO, Medium Earth Orbit) pohybuje rychlostí 3,8 km/s, přičemž doba oběhu kolem Země je 11h 58min (polovina siderického dne).

Klíčové části družic NAVSTAR jsou:

- 3 až 4 velmi přesné (10-13s) atomové hodiny s rubidiovým, dříve také s cesiovým oscilátorem
- 12 antén RHCP pro vysílání radiových kódů v pásmu L (2000-1000 MHz)
- antény pro komunikaci s pozemními kontrolními stanicemi v pásmu S (2204,4 MHz)

- antény pro vzájemnou komunikaci družic v pásmu UHF
- optické, rentgenové a pulzní-elektromagnetické detektory senzory pro detekci startů balistických raket a jaderných výbuchů
- solární panely a baterie jako zdroj energie

Tabulka č. 1 - Počty družic.^[13]

Blok	Období	Vypuštěno + plán	Aktivní	Životnost plán/skutečná
I	1978–1985	10+11	0	-/?
II	1989–1990	9	0	7,5/12,1
IIA	1990–1996	19	11	7,5/13,1+
IIR	1997–2004	12+11	12	10,0/14,2+
IIR-M	2005–2009	8	7	8,5/8,6+
IIF	2010–2012	2+122	0	15,0/-
IIIA	2014–?	0+123	0	-/-
IIIB		0+83	0	-/-
IIIC		0+163	0	-/-
Celkem		60 +122 +363	30	

V letech 1993 a 1994 byla na dvou exemplářích družic PRN 35, 36 bloku IIR testována odrazová pole pro měření polohy družice laserovými měřidly (SLR) projektu NASA ILRS (International Laser Ranging Service). Konstrukce zrcadla o úhlopříčce půdorysného obdélníku 20 cm vážila asi 10kg a tvořena byla 32 dílčími buňkami. Nejčastější je v Česku viditelnost 8 družic (medián), minimálně pak 6, maximum 12 družic, při elevační masce 10° v roce 2008.

Družice vysílají v pásmech záměrně zvolených tak, aby bylo minimálně ovlivněno meteorologickými vlivy. Přiděleno je několik frekvencí, každé frekvenci pak odpovídá jeden vysílací kanál:

- L1 (1575,42 MHz), kde je vysílán C/A kód, dostupný pro civilní uživatele; dále je šířen vojenský P(Y) kód, ten je šifrovaný a přístupný pouze pro autorizované uživatele. Družice bloku IIR-M a novější jsou připraveny vysílat vojenský M kód.
- L2 (1227,62 MHz), kde je vysílán vojenský P(Y) kód. Družice bloku IIR-M a novější jsou připraveny vysílat vojenský M kód a civilní C kód.

- L3 (1381,05 MHz) od bloku družic IIR vysílá signály obsahující data monitorování startů balistických raket, detekci jaderných výbuchů a dalších vysokoenergetických zdrojů.
- L4 (1841,40 MHz) se využívá pro měření ionosférické refrakce. Průchod signálu ionosférou způsobuje zpoždění radiového signálu, které se promítá do chyb při určení polohy. Toto ionosférické zpoždění lze eliminovat, jestliže měříme zpoždění na dvou kmitočtech, nebo získáním korekcí.
- L5 (1176,45 MHz) se plánuje jako civilní Safety-of-life (SoL) signál. Tato frekvence spadá do mezinárodně chráněné oblasti letecké navigace, kde je malé nebo žádné rušení za všech podmínek. K vypuštění první družice bloku IIF, který tento signál poskytuje, došlo v roce 2009.



Obrázek č. 12 - Schematické znázornění oběžných drah družic.^[13]

Družice jsou několikrát do roka odstavovány pro údržbu atomových hodin a korekci dráhy družice, ta trvá přibližně 12-24 hodin. Životnost družice je v průměru 10 let, obměna kosmického segmentu trvá přibližně 20 let.

➤ Řídicí a kontrolní segment

Řídicí a kontrolní segment se skládá z několika částí:

- velitelství - Navstar Headquarters (letecká základna Los Angeles v Californii v USA).

- řídicí středisko - MSC, Master Control Station (letecká základna Schriever USAF v Colorado Springs, 2nd Space Operations Sq)
- záložní řídicí středisko - BMCS, Backup Master Control Station (v Gaithersburg, Maryland, USA) přebírá cvičně 4× do roka řízení systému, v nouzi je do 24 hodin připraveno.
- 3 povelové stanice - Ground Antenna (základny USAF: Kwajalein, Diego Garcia, Ascension Island případně i Cape Canaveral).
- 18 monitorovacích stanic - Monitor Stations (základny USAF: Havaj, Colorado Springs, Cape Canaveral, Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein a dále stanice spravující NGA: Fairbanks - Aljaška, Papeete - Tahiti, Washington DC - USA, Quito - Ekvádor, Buenos Aires - Argentina, Hermitage - Anglie, Pretoria - Jižní Afrika, Manama - Bahrain, Osan - Jižní Korea, Adelaide - Austrálie a Wellington - Nový Zéland).

Řídicí a kontrolní segment monitoruje kosmický segment, zasílá povely družicím, provádí jejich manévry a údržbu atomových hodin. Výstupy monitoringu jsou pak zveřejňovány v navigační zprávě každé družice, s platností řádově několika hodin:

- data pro model ionosférické refrakce
- predikce dráhy družice, tzv. efemerid
- korekce atomových hodin
- přibližné pozice ostatních družic a jejich kondice

Segment také komunikuje s uživateli prostřednictvím zpráv GPS NANU (Notice Advisory to NAVSTAR Users), kde zveřejňuje potřebná data k plánovaným odstávkám družic, jejich stažení či uvedení do provozu nebo i zpětně informace o potížích družic. V případě zničení pozemních vojenských stanic řídicího a kontrolního segmentu přechází družice do režimu AUTONAV (Autonomous Navigation Mode), v němž jsou schopny dále až 6 měsíců pracovat, komunikovat s ostatními družicemi a vzájemně porovnávat své efemeridy a stav palubních hodin. Výsledky jsou pak k dispozici uživatelskému segmentu v navigační zprávě. Tento režim však nikdy nenastal a ani výsledky jeho případných testů nejsou známy.

➤ Uživatelský segment

Pro uživatelský segment slouží jednoduchý přijímač GPS využívající metod kódového měření (C/A kód) s integrovanou anténou, konektorem pro napájení a komunikaci. Uživatelé přijímače přijímají pomocí GPS signály z jednotlivých družic, které jsou v danou chvíli nad obzorem. Přijímač pak vypočítá polohu antény, nadmořskou výšku a zobrazí přesné datum a čas na základě přijatých dat (časových značek z jednotlivých družic a znalosti jejich polohy) a předem určených parametrů. GPS přijímač je pasivní, komunikace probíhá pouze od družic k uživateli

Rozdělení přijímačů podle přijímaných pásem:

- jednofrekvenční
- dvoufrekvenční
- vícefrekvenční (připravují se pro pásmo L5)

Rozdělení přijímačů podle kanálů:

- jednokanálové (používané v raných fázích projektu GPS)
- vícekanálové

Rozdělení přijímačů podle principu výpočtů:

- kódová
- fázová a kódová

K amatérskému (tj. negeodetickému a nevojenskému) využití se vyrábí přijímače jednofrekvenční, vícekanálové a kódové, které jsou běžně dostupné. Jednoduchý přijímač signálu GPS se skládá z:

- antény
- předzesilovače
- procesoru
- časové základny (často křemíkový krystal o přesnosti $<10^{-6}$ s)
- komunikačního rozhraní

Uživatele systému GPS lze rozdělit do dvou skupin:

a) autorizovaní uživatelé (vojenský sektor USA a vybrané spojenecké armády) využívající službu Precise Positioning Service (PPS) mají k dispozici dekodovací klíče k P(Y) kódu na frekvencích L1 a L2. a mají zaručenou vyšší přesnost systému. Uplatňují se především v aplikacích:

- podpora velení a vojáků v poli
- doprava
- navádění zbraňových systémů
- vojenská geodézie a mapování
- přesný čas ($<10^{-7}$ s)

b) ostatní uživatelé (především civilní sektor) - mohou využívat Standard Positioning Service (SPS) a mají k dispozici C/A kód na frekvencích L1. Přijímače vyrobené v USA nesmějí být exportovány, pokud nemají nastavená omezení výšky do 18 km a rychlosti do 515 m/s. Limity vycházejí z prevence možného zneužití jako systému orientace v prostoru ve zbraních obdobných balistickým raketám nebo střelám s plochou dráhou letu.

Typickými profesemi a odvětvími civilních uživatelů jsou:

- doprava (pozemní doprava, letectví, námořnictvo, kosmické lety)
- geologie a geofyzika
- geodézie a geografické informační systémy
- archeologie
- lesnictví a zemědělství
- turistika a zábava
- přesný čas ($<10^{-6}$ s)^{[13][2]}

3.6.2. Galileo

Navigační systém Galileo je plánovaný autonomní evropský Globální družicový polohový systém (GNSS), který by měl být obdobou americkému systému Navstar GPS a ruskému systému GLONASS. Jeho výstavbu zajišťují státy Evropské unie a jejich instituce. Spuštění GNSS Galileo je stále oddalováno a původně měl být provozuschopný od roku 2010, podle nových plánů je nejbližší rok spuštění 2014. Projekt byl pojmenován podle italského vědce Galilea Galileiho, který se mimo jiné zajímal i o problémy námořní navigace.

Kosmický segment

Systém má být tvořen 30 operačními družicemi (27+3), obíhajícími ve výšce přibližně 23 tisíc kilometrů nad povrchem Země po drahách se sklonem 56° k zemskému rovníku ve třech rovinách, vzájemně vůči sobě posunutých o 60° . Každá dráha bude mít 9 pozic pro družice a 1 pozici jako zálohu, aby systém mohl být při selhání družice rychle doplněn na plný počet.

Služby systému Galileo

- Open Service (OS) bude volně dostupná. Její signály budou využívat 2 pásma: 1164–1214 MHz a 1563–1591 MHz. Přijímače budou mít horizontální přesnost lepší než 4 m a vertikální lepší než 8 m (nebo horizontálně pod 15 m a vertikálně pod 35 m při použití jednoho pásma). Protože bylo dosaženo dohody o kompatibilitě s americkým systémem, budoucí přijímače navíc budou zároveň využívat i GPS.
- Commercial Service (CS), která bude šifrovaná, zpoplatněna a má poskytnout přesnost lepší než OS.
- Safety of Life Service (SOL), která bude šifrovaná s důrazem na integritu a bezpečnost, pro nasazení např. v řízení letového provozu.
- Search and Rescue (SAR), služba nouzové lokalizace v rámci celosvětové družicové záchranné služby COSPAS/SARSAT s možností oboustranné komunikace.

- Public Regulated Service (PRS), která bude šifrovaná, s kontrolovaným přístupem a dlouhodobou podporou, určená pro armády a bezpečnostní složky států

Historie realizace

Dne 28. prosince 2005 byla do vesmíru vyslána první technologická navigační družice pro testování komponent tohoto systému, pojmenovaná Giove-A. Vynesla ji z kazašského kosmodromu Bajkonur ruská raketa Sojuz-FG/Fregat. Druhá družice, pojmenovaná Giove-B, byla z Bajkonuru vynesena na oběžnou dráhu raketou Soyuz/Fregat 27. dubna 2008.^[16]

4. Možnosti propojení digitální fotografie s GPS

4.1. Zápis metadat

4.1.1. Zápis souřadnic do EXIF

Základním principem jak propojit digitální fotografii s technologií GPS nebo jinou technologií, která je určena pro lokalizaci polohy místa na zemském povrchu, je zápis souřadnic zeměpisné šířky a délky do metadat digitální fotografie. V současnosti se nejčastěji používá pro ukládání fotografií formát obrazového souboru JPG (JPEG). Tento soubor v sobě nese metadata v tzv. EXIF. Poslední specifikace byla vytvořena sdružením JEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association) ve verzi EXIF 2.2 v roce 2002. Další správu a rozšiřování tohoto standardu převzala společnost CIPA (Camera & Imaging Products Association), která 26. 4. 2010 společně s JEITA vydala standard CIPA DC-008-2010 který popisuje EXIF 2.3. V tomto standardu jsou popsány všechny potřebné tagy pro popis digitálních snímků.

Tabulka č. 2 - Popis GPS tagu ve specifikaci metadat EXIF.^[15]

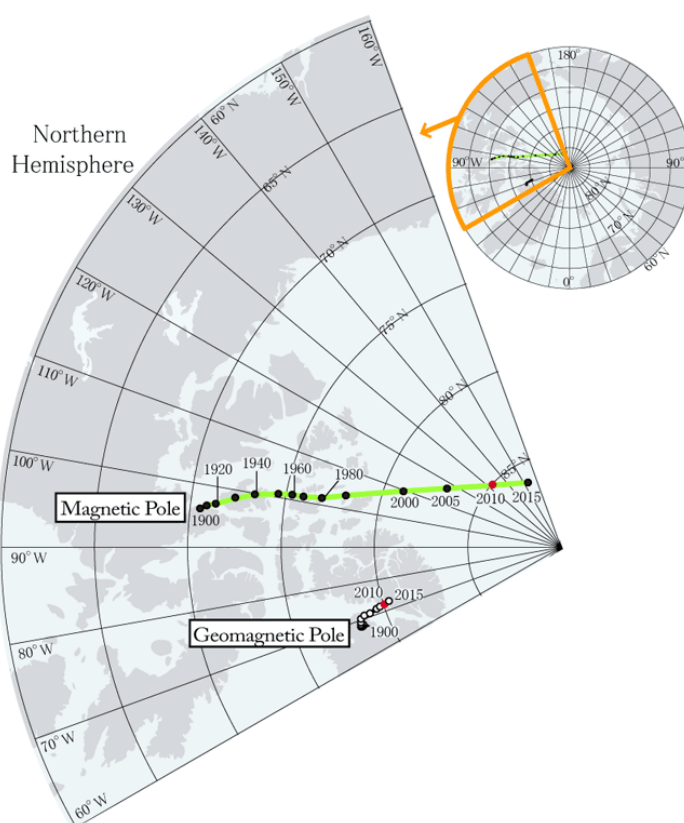
Tag ID	Tag Name	Writable	Values / Notes
0x0000	GPSVersionID	int8u[4]:	
0x0001	GPSLatitudeRef	string[2]	'N' = North 'S' = South
0x0002	GPSLatitude	rational64u[3]	
0x0003	GPSLongitudeRef	string[2]	'E' = East 'W' = West
0x0004	GPSLongitude	rational64u[3]	
0x0005	GPSAltitudeRef	int8u	0 = Above Sea Level 1 = Below Sea Level
0x0006	GPSAltitude	rational64u	
0x0007	GPSTimeStamp	rational64u[3]	(when writing, date is stripped off if present, and time is adjusted to UTC if it includes a timezone)
0x0008	GPSSatellites	string	
0x0009	GPSStatus	string[2]	'A' = Measurement Active 'V' = Measurement Void
0x000a	GPSMeasureMode	string[2]	2 = 2-Dimensional Measurement 3 = 3-Dimensional Measurement
0x000b	GPSDOP	rational64u	
0x000c	GPSSpeedRef	string[2]	'K' = km/h 'M' = mph 'N' = knots
0x000d	GPSSpeed	rational64u	
0x000e	GPSTrackRef	string[2]	'M' = Magnetic North 'T' = True North
0x000f	GPSTrack	rational64u	
0x0010	GPSImgDirectionRef	string[2]	'M' = Magnetic North 'T' = True North
0x0011	GPSImgDirection	rational64u	
0x0012	GPSMapDatum	string	

Tag ID	Tag Name	Writable	Values / Notes
0x0013	GPSTDestLatitudeRef	string[2]	'N' = North 'S' = South
0x0014	GPSTDestLatitude	rational64u[3]	
0x0015	GPSTDestLongitudeRef	string[2]	'E' = East 'W' = West
0x0016	GPSTDestLongitude	rational64u[3]	
0x0017	GPSTDestBearingRef	string[2]	'M' = Magnetic North 'T' = True North
0x0018	GPSTDestBearing	rational64u	
0x0019	GPSTDestDistanceRef	string[2]	'K' = Kilometers 'M' = Miles 'N' = Nautical Miles
0x001a	GPSTDestDistance	rational64u	
0x001b	GPSProcessingMethod	undef	(values of "GPS", "CELLID", "WLAN" or "MANUAL" by the EXIF spec.)
0x001c	GPSAreaInformation	undef	
0x001d	GPSDateStamp	string[11]	(when writing, time is stripped off if present, after adjusting date/time to UTC if time includes a timezone)
0x001e	GPSDifferential	int16u	0 = No Correction 1 = Differential Corrected
0x001f	GPSHPositioningError	rational64u	

4.1.2. Zápis azimutu do EXIF

Informace, která je získávána ze zeměpisných souřadnic zapsaných do metadat snímku říká, kde se fotograf nacházel v době jeho pořizování. Přidáním směru fotografování jako dalšího údaje zapsaného do metadat snímku získáváme další informace. Může tak být určeno nejen to, kde byl snímek pořízen, ale i to, co se na snímku nachází, tedy kterým směrem byl snímek pořízen. Takováto informace je stejně cenná jako informace o místě, ze kterého byl snímek pořízen, a tvoří s ní nedílný celek. Směr, kterým je snímek pořizován, lze určit několika způsoby, nejběžnějším způsobem je určení azimutu podle kompasu reagujícího na magnetický pól země. Tento způsob je obvyklým určování směru, má ale své nedostatky především v tom, že magnetické póly se svou polohou liší od pólů zeměpisných. Tato odchylka může být v některých oblastech fatální a směr určený podle geomagnetického kompasu může být zcela opačný směru, ve kterém byl snímek pořízen vůči geodetické poloze vztažené k zemským pólům. V dnešní době je ale poloha magnetického pólu tak blízko pólu geografickému, že naměřené hodnoty jsou pro určení směru fotografování dostatečné. Toto tvrzení neplatí snad jen pro určitou část Arktidy a Antarktidy. Další nevýhodou určení směru fotografování podle magnetického kompasu je to, že se magnetické póly pohybují, a tak odchylka v měření vzniklá rozdílnou polohou obou pólů se s časem mění.

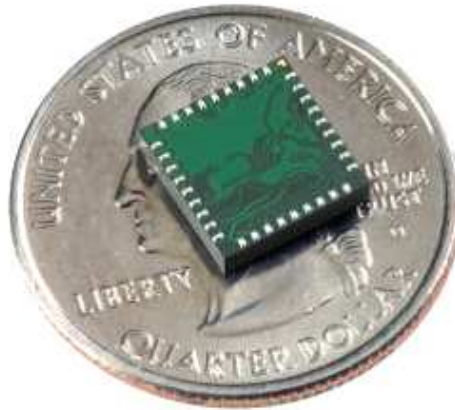
V neposlední řadě na magnetický kompas působí různé rušivé vlivy, které mohou způsobovat další odchylku. Těchto vlivů je v dnešním technickém světě mnoho, jsou to všechna zařízení, která kolem sebe vyzařují elektromagnetické vlny, které pak stejně jako permanentní magnet způsobují odchylku v naměřených hodnotách. Na základě klasického kompasu, jehož princip je známý již několik století a jen velmi těžko by se bez něj v minulosti obešla námořní doprava, cestovatelé, objevitelé a vědci, byl sestrojen elektronický kompas. Jedná se o poměrně malou a jednoduchou pasivní součástku, tzv. magnetoresistivní senzor.



Obrázek č. 13 - Poloha magnetického pólu země v jednotlivých letech.^[16]

V podstatě jde o plíšek vyrobený z feromagnetického materiálu složeného ze směsi železa a niklu v poměru 19:81. Tento je zmagnetován a v případě nulového vlivu externího magnetického pole má za daného proudu určitý odpor R . Vnější magnetické pole však původní směr zmagnetování ovlivní a tím dojde k poklesu odporu. Při konstantním proudu pak stačí měřit rozdíly v napětí a tyto vyhodnocovat. Elektronický kompas obsahuje dvě tyto součástky umístěné na sebe v kolmém směru a tříosý kompas pak přidává ještě třetí magnetoresistivní senzor kolmý na předchozí dva. Tím je zajištěno, že je kompas funkční,

i když měření neprobíhá v ideálních podmínkách, kdy je poloha kompasu vodorovná. Tyto tři magnetoresistivní senzory spolu s potřebnou řídicí elektronikou, tj. vlastně celý tříosý kompas, se vejdu do pouzdra součástky o rozměrech několika málo milimetrů. Například čip elektronického kompasu spolu s potřebnou elektronikou HMC6343 od společnosti Honeywell má rozměr 9 x 9 x 2mm.



Obrázek č. 14 - Čip elektronického kompasu HMC6343 od společnosti Honeywell.^[17]

4.1.3. Zápis ohniskové vzdálenosti do EXIF

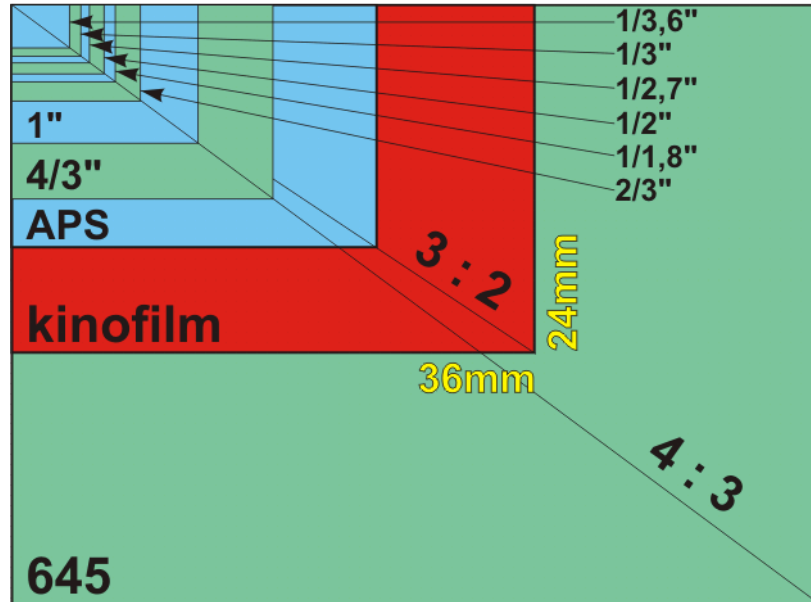
Dalším velmi důležitým údajem je informace o velikosti zachyceného obrazu, o tom, co se na fotografii nachází, jaký byl úhel záběru a co je tedy na fotografii vidět. Do příslušného místa v EXIF se zapisuje, při jaké ohniskové vzdálenosti byl snímek pořízen. U fotoaparátu s jedním objektivem o fixní ohniskové vzdálenosti je tento údaj jednotný pro všechny pořízené fotografie a je stejný s tím, co udává výrobce v parametrech o daném přístroji. Fotoaparát s pevně danou ohniskovou vzdáleností objektivu je součástí většiny dnes vyráběných mobilních telefonů a MDA zařízení. Outdoor navigace Garmin řady Dakota a Oregon jsou také vybaveny tímto fotoaparátem. Většina fotoaparátů má dnes ale místo fixního objektivu objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností, tzv. zoom. Tento objektiv je schopný měnit svou ohniskovou vzdálenost, a tak je fotograf schopný měnit úhel záběru pořizovaného snímku. To se pak projevuje na velikosti výřezu zaznamenané reality, na tom, co je na snímku vidět. U objektivů s proměnnou ohniskovou vzdáleností, se do EXIF zaznamená ta daná ohnisková vzdálenost, při které byl konkrétní snímek pořízen.

4.1.4. Velikost snímacích čipů

Velikost snímacího čipu se sice do EXIF souboru nezapisuje, ale pro zjištění (výpočet) úhlu záběru je tento údaj nutný!

Výrobci různých fotoaparátů používají do svých přístrojů různě velké čipy. V dnešní době velmi často zaměňuje laická veřejnost velikost čipu za jeho rozlišení. Rozlišení udává, kolik obrazových bodů je daný čip schopen zaznamenat a udává se v mega pixelech a jednotkách Mpx. Rozdíly v rozlišení při dnešních hodnotách kolem 10Mpx a více již nejsou pro běžnou fotografii nijak rozhodující a ani nemají zásadní vliv na kvalitu fotografie.

Velikost čipu je ale skutečná velikost udávaná většinou jako poměrové číslo v palcích, např. fotoaparát Canon Power Shot S2 IS má velikost snímacího čipu 1/2,5" při rozlišení 5Mpx. Velikost 1/2,5" odpovídá rozměrům 5,760 x 4,290mm a úhlopříčce snímacího čipu 7,182mm. Velikost snímacího čipu při daném rozlišení má zásadní vliv na kvalitu fotografie, a to v přímé úměře.



Obrázek č. 15 - Porovnání velikostí snímacích čipů.^[8]

Tabulka č. 3 - Označení a rozměry snímacích čipů.^[8]

Nejběžnější snímací čipy, jejich označení, velikost a rozměry					
Typ čipu	Poměr čipu	Rozměr (mm)	Úhlopříčka (mm)	Délka (mm)	Šířka (mm)
1/3,6"	4:3	7,056	5,000	4,000	3,000
1/3,2"	4:3	7,938	5,680	4,536	3,416
1/3"	4:3	8,467	6,000	4,800	3,600
1/2,7"	4:3	9,407	6,721	5,371	4,035
1/2,5"	4:3	10,160	7,182	5,760	4,290
1/2"	4:3	12,700	8,000	6,400	4,800
1/1,8"	4:3	14,111	8,933	7,176	5,319
1/1,7"	4:3	14,941	9,500	7,600	5,700
2/3"	4:3	16,933	11,000	8,800	6,600
1"	4:3	25,400	16,000	12,800	9,600
4/3"	4:3	33,867	22,500	18,000	13,500
1,8"	3:2	45,720	28,400	23,700	15,700
35 mm film	3:2	43,300	43,300	36,000	24,000
645	4:3	69,700	69,700	56,000	41,500

4.2. Geotagging

Geotagging, někdy označován i jako geocoding, je přidávání geografických metadat k různým médiím, jako jsou webové stránky, RSS zdroje, videa nebo obrázky. Tyto informace obvykle obsahují data o zeměpisné délce a šířce, mohou ale obsahovat i data o nadmořské výšce, azimutu nebo o zeměpisných názvech. Na základě těchto informací pak lze například vyhledávat webové stránky vznikající v nějakém regionu nebo fotografie pořízené v blízkém okolí nějakého bodu zájmu tj. v blízkosti zadaných souřadnic zeměpisné šířky a délky.

4.2.1. Souřadnicový systém WGS84

WGS84 (World Geodetic System 1984) je světově uznávaný geodetický standard vydaný ministerstvem obrany USA roku 1984, který definuje souřadnicový systém, referenční elipsoid a geoid pro geodézii a navigaci. V roce 1996 byl rozšířen o zpřesněnou definici geoidu EGM96. Byl vytvořen na základě měření pozemních stanic družicového polohového systému TRANSIT a nahrazuje dřívější používané systémy WGS 60, WGS 66 a WGS 72.

Souřadnicový systém WGS 84 je pravotočivá kartézská soustava souřadnic se středem v těžišti Země (včetně moří a atmosféry). Kladná osa x směřuje k průsečíku nultého poledníku a rovníku, kladná osa z k severnímu pólu a kladná osa y je na obě předchozí kolmá ve směru doleva (90° východní délky a 0° šířky), tvoří tak pravotočivou soustavu souřadnic. WGS-84 používá souřadnice zeměpisné, jednotlivé body jsou definované zeměpisnou délkou, šířkou a výškou. Je třeba vždy správně uvést, zda se jedná o severní nebo jižní šířku a o východní nebo západní délku. Zápis výšky je uveden v metrech - není to skutečná nadmořská výška, ale elipsoidická výška (neboli vzdálenost od elipsoidu). Naštěstí se skutečné nadmořské výšce poměrně dobře přibližuje. Nultým poledníkem ve WGS-84 je IERS Reference Meridian. Leží 5.31 úhlových vteřin východně od "Greenwich Prime Meridian". Odchylka na zeměpisné šířce Královské observatoře činí 102.5 metrů.

Souřadnice lze zapisovat hned třím způsobem, což může být v určitých situacích matoucí. Mezi formáty zápisu lze provádět jednoduchým způsobem převod.

Zápisy mohou mít následující podobu:

- Stupně° (50.0464369°) - v GPS jako formát DD.ddddd
- Stupně° Minuty' ($50^\circ 2.786'$) - v GPS jako formát DD MM.mmm
- Stupně° Minuty' Vteřiny" ($50^\circ 2' 47.173''$) - v GPS jako formát DD MM SS.sss

Nejčastější používaný zápis je Stupně° Minuty' Vteřiny" - tedy formát DD MM SS.sss.

Při převádění se vychází z toho, že stupeň má šedesát minut a minuta má šedesát vteřin. Takže $1'$ je $0,01666^\circ$ a $1''$ je $0,01666'$. Takže například $10,25^\circ$ je pak $10^\circ 15'$, protože $0,25 * 60 = 15$ a nebo $10^\circ 10' 10'' = 10^\circ 10,16666' = 10,1694444^\circ$. Pro převod mezi jednotlivými styly zápisu lze použít i různé převodníky v podobě programu nebo webových online služeb.

Při použití mapového podkladu, který je založen na jiném souřadnicovém systému používaném na našem území před systémem WGS 84, (systém S-JTSK používaný již za První republiky nebo souřadnicový systém S-42 používaných armádami Varšavské smlouvy) je zapotřebí provést převod dat mezi WGS 84 a daným souřadnicovým systémem mapy. Velká většina turistických map našeho území vychází z map vojenských se systémem souřadnic S-42, kde vlivem použití jiného elipsoidu (Krasovského) mohou

rozdíly mezi zeměpisnými souřadnicemi WGS-84 a S-42 v rámci ČR dosahovat 100 až 150m!^[16]

4.2.2. *Webové stránky*

Do webových stránek je geotagging vkládán jako tag ICBM. Příklad takového použití je:

```
<meta name="ICBM" content="50.167958, -97.133185">
```

Lze použít i jiný formát a to:

```
<meta name="geo.position" content="50.167958;-97.133185">
<meta name="geo.placename" content="Rockwood Rural Municipality,
Manitoba, Canada">
<meta name="geo.region" content="ca-mb">
```

Zápisem takového tagu do hlavičky webové stránky se určuje buď místo vzniku takové stránky, jedná-li se o stránku firemní, osobní nebo související nějak s místem vzniku stránky. V případě, že ale webová stránka popisuje nějaké konkrétní místo jinde než vzniká, takovým místem může být například přírodní pamětihodnost, měly by být v geotagu právě ty souřadnice, které lokalizují dané místo, o kterém webová stránka pojednává.

Pro RSS zdroje lze geotag zapsat takto:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<feed xmlns="http://www.w3.org/2005/Atom"
xmlns:georss="http://www.georss.org/georss">
<title>Earthquakes</title>
<subtitle>International earthquake observation labs</subtitle>
<link href="http://example.org/" />
<updated>2005-12-13T18:30:02Z</updated>
<id>urn:uuid:60a76c80-d399-11d9-b93C-0003939e0af6</id>
<entry>
<title>M 3.2, Mona Passage</title>
<link href="http://example.org/2005/09/09/atom01" />
<id>urn:uuid:1225c695-cfb8-4ebb-aaaa-80da344efa6a</id>
<updated>2005-08-17T07:02:32Z</updated>
<summary>We just had a big one.</summary>
<georss:point>45.256 -71.92</georss:point>
</entry>
</feed>
```

Pro zadání linie lze použít několik dvojic souřadnic uvedených v WGS84 navazujících na sebe.

```
<georss:line>45.256 -110.45 46.46 -109.48 43.84 -109.86</georss:line>
```

Kruh se zadává jako souřadnice středu kruhu v souřadnicovém systému WGS84 a poloměr kruhu uvedený v metrech.

```
<georss:circle>42.943 -71.032 500</georss:circle>[18]
```

4.2.3. Fotografie

Geotagging ve fotografii určuje zápisem souřadnic zeměpisné polohy místo, odkud byl snímek pořízen. K zápisu souřadnic zeměpisné polohy se používá souřadnicový systém WGS84, k těmto údajům lze přidat i nadmořskou výšku, která je součástí určení polohy z přijímače GPS a také úhel, tj. azimut, kterým byla fotografie pořízena. Tyto údaje jsou zapsány do EXIF metadat. Zpracování metadat umožňuje promítnutí polohy, odkud byla fotografie pořízena do mapového podkladu nebo tyto údaje načíst do databáze a katalogizovat je a zpracovávat v databázi.

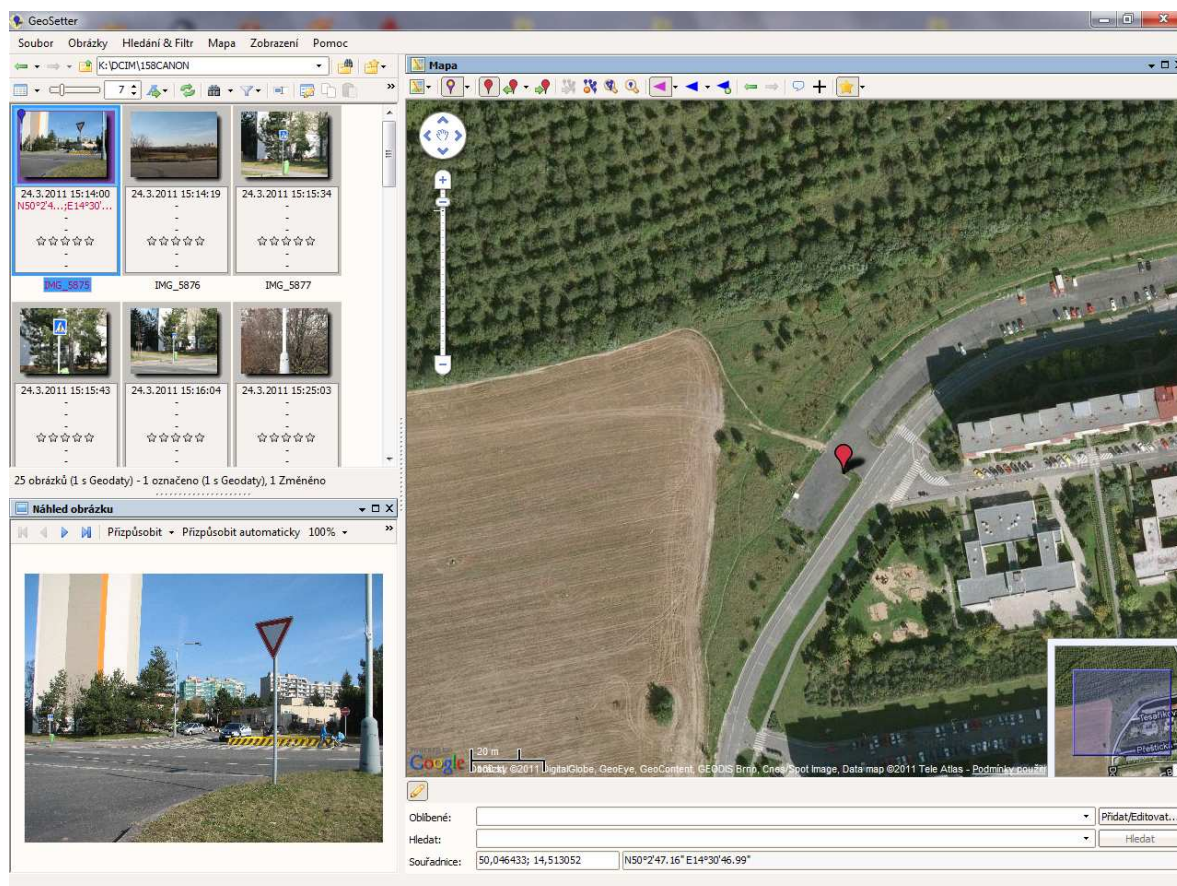
4.3. Programy pro geotagging

Spolu s rozvojem digitální fotografie a dostupnosti přijímačů GPS pro civilní účely se stal geotagging běžnou součástí zpracování fotografií. Na trhu je mnoho specializovaného softwarů, jak pro editaci EXIF metadat, tak pro samotný geotagging. Většina těchto programů zobrazuje na mapovém podkladu, nejčastěji je to Google Maps a v našem regionu pak Mapy.cz, místo, ze kterého byla fotografie pořízena. Do EXIF lze také souřadnice zapsat dodatečně z nějakého GPS modulu, který slouží jako logger GPS souřadnic. Zápis proběhne na základě systémového času obou přístrojů (míněno fotoaparát a GPS modul), v takovém případě je ale nutné mít v obou přístrojích nastaven stejný (synchronní) čas! Je tedy zjevné, že přístroje, které v sobě GPS čip mají integrován a umí souřadnice do EXIF zapisovat automaticky, jsou pro práci pohodlnější a díky jednomu systémovému času i přesnější.

4.3.1. GeoSetter

Program na zobrazení zeměpisných údajů u digitálních fotografií GeoSetter je kvalitní aplikací na GPS geotagging. Mezi jeho přednosti patří česká jazyková lokalizace programu a řada zajímavých editačních funkcí. Tento software je šířený pod licencí Freeware. GeoSetter pracuje se soubory ve formátech JPEG, TIFF i s několika RAW formáty, jakými jsou například Adobe DNG, CRW/CR2, NEF, MRW, PEF, ORF,

SR2/SRF a RAF. Program využívá pro zápis EXIF metadat utilitu ExifTool, jež je již součástí programu. Fotografie tak může díky editaci metadat obsahovat všechny informace obsažené v definici EXIF 2.3, jimiž jsou například informace o nadmořské výšce, klíčová slova, popisky snímku, kontakty, data o copyrightu i data o místě pořízení fotografie, podle nichž lze také vyhledávat a filtrovat zobrazení konkrétních míst. V předvolbách GeoSetteru lze vytvořit i uživatelsky definovatelné šablony se seznamem a popisem oblíbených míst. Místu, kde byla fotografie pořízena, lze přiřadit příslušné souřadnice v mapě, na nichž lze sledovat znázorněné GPS logy, obsahující skupiny souřadnic pohybu (načteného z nějakého track logu). Tento způsob práce s GPS logy je možné synchronizovat v rámci různých typů textových souborů, například NMEA, GPX, PLT, LOG atd.



Obrázek č. 16 - Ukázka prostředí programu GeoSetter. (zdroj: autor práce)

Automatizované přidávání GPS metadat pro JPEG varianty originál RAW snímků v návaznosti na jejich název je pak doplňkovou funkcí pro synchronizaci. Následně lze

editovat datum pořízení snímku i exportovat GPS informace plus další metadata pro Google Earth a synchronizovat záběry se serverem www.locr.com.

GeoSetter je poskytován jako freeware, ale přesto se jedná o celkem vypracovanou a dobře použitelnou aplikaci, kterou ocení zvláště uživatelé českých lokalizací.^[19]

4.3.2. Pictomio

Pictomio je jedním z programů, určených pro vizuální geotagging digitálních fotografií, pro prohlížení a přidávání zeměpisných údajů k jednotlivým snímkům. V programu Pictomio lze také editovat GPS metadata, uložená přímo do EXIF informací ve fotografiích. Tento program je volně dostupný pouze ve verzi pro Windows, pro jeho komerční využití je však zapotřebí placená licence. I podpora hardwarového modulu pictoGEO je směřovaná komerčně, slouží k pořizování záznamů GPS údajů a k jejich dalšímu využívání pro různé účely, a to hlavně k automatizovanému přiřazování GPS metadat k fotografiím a k vytváření záznamů z cest.

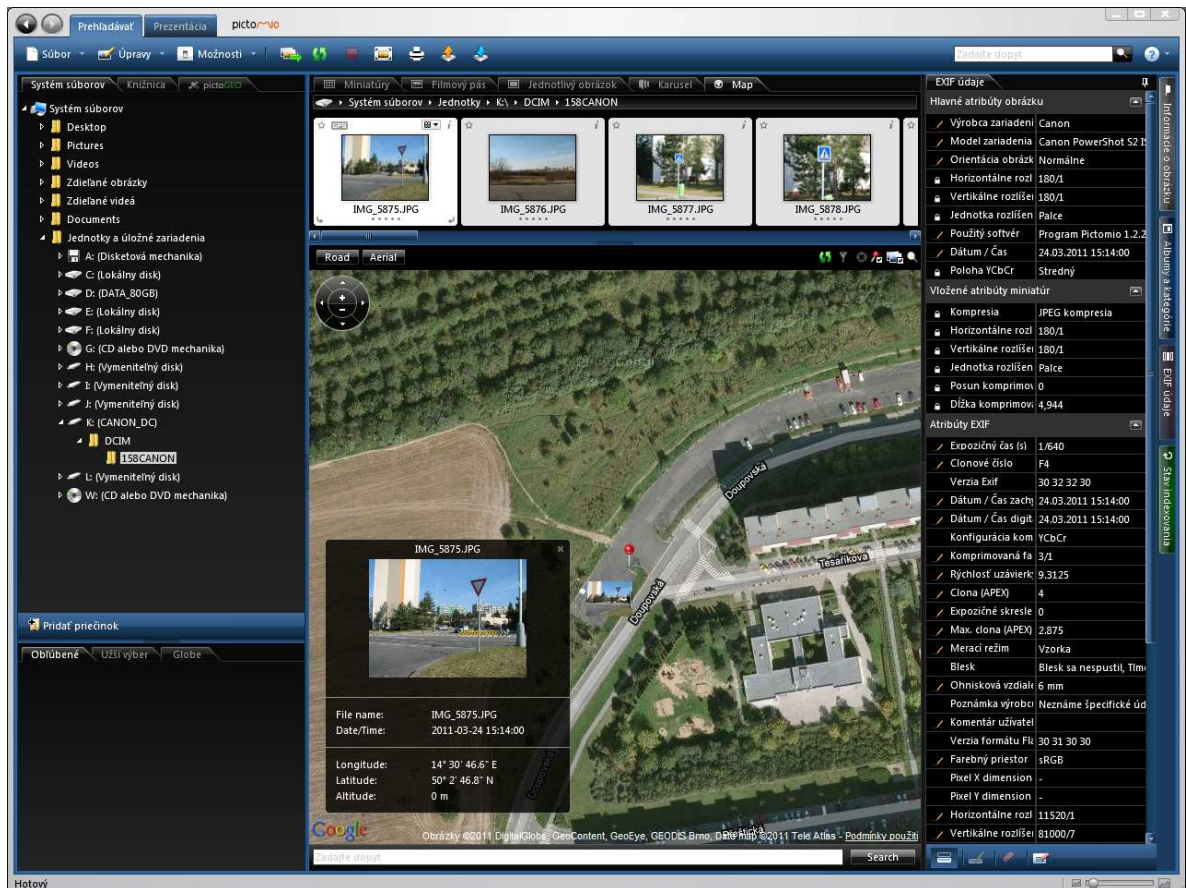
Možnost manipulovat s GPS metadaty není jedinou funkcí programu, jež pracuje zároveň jako poměrně komfortní prohlížeč fotografií, podporující formáty JPEG, TIFF a také některé RAW formáty digitálních fotografií včetně formátů DNG, CRW, FR2, NEF, MRW, PEF, ORF, ARW, SR2, SRF a RAF. Do Pictomio je důmyslně vestavěná utilita ExifTool, jež integrovaný EXIF editor využívá. Díky němu je možné upravovat nejběžnějších metadata včetně data pořízení daného snímku.

Prohlížeč fotografií obsahuje i několik variant oken, která je možné v záložkách jednoduše přepínat. K dispozici je mód scénáře či karuselu s vodorovným listováním po snímcích i módy jednotlivých obrázků a miniatur s náhledy snímků. Na stranách hlavního okna najdeme sekce pro prohlížení nebo editaci EXIF metatagů i přístup do obrazových alb a kategoriemi pro rychlé a přehledné třídění snímků.

Jednotlivé fotografie i multimediální soubory lze hodnotit, barevně označovat, zobrazovat například dle data pořízení či dalších EXIF informací a kategorií nebo alb.

Z Pictomio lze exportovat fotografie (její informace) ve formátu, který je vhodný pro Google Earth. Samozřejmostí je pak tisk snímků a synchronizace s online službou [locr.com](http://www.locr.com). Prostřednictvím různých online služeb serverů Google Picasa, Flickr, ImageShack, Facebook nebo Photobucket je možné sdílení fotografií s upravenými

metadaty. Funkce umožňující manipulaci s GPS metadaty jsou, zrovna tak jako EXIF editor, součástí prohlížeče snímků. Základní náhled zeměpisné polohy je skutečně globální, můžeme zhruba určit pozici snímků, přičemž zobrazení glóbu lze částečně zvětšit. Podrobnější zobrazení GPS údajů snímků i jejich vkládání do fotografií se provádí v jedné ze sekcí Pictomio, kde je k dispozici přes klasickou plošnou mapu. Zvolenou mapovou službu lze nastavit v předvolbách programu, přičemž na výběr je Google Maps nebo Microsoft Virtual Earth, a to včetně leteckých snímků, mezi nimiž lze přepínat.



Obrázek č. 17 - Ukázka prostředí programu Pictomio. (zdroj: autor práce)

Samotný geotagging je už jen jednoduchou operací, jde o jakési přidání grafického „špendlíku“ na mapu, kterou lze samozřejmě zvětšit. Po přidání či editaci GPS metadat Pictomio automaticky do snímku přidá příslušné IPTC informace o zeměpisné výšce a některá další speciální IPTC metadata získaná z aktuální pozice místa na mapě. Některé IPTC údaje lze v editoru ještě dodatečně ručně změnit.

Je možné také provádět synchronizaci dat z GPS logů z NMEA, GPX, PLT, Sony LOG a dalších typů souborů, dále také automatickou synchronizaci fotografií s již přidanými zeměpisnými údaji (např. u RAW snímků a jejich případných JPEG variant). Pomocí vestavěného Trip manageru lze z GPS logu vyrobit virtuální cestu, kterou umí Pictomio graficky (ve 2D a „pseudo 3D“ podobě) znázornit na mapě, podobně, jako je tomu v Google Earth i s možností vypnout zobrazení části cest, jejichž zobrazení není třeba.

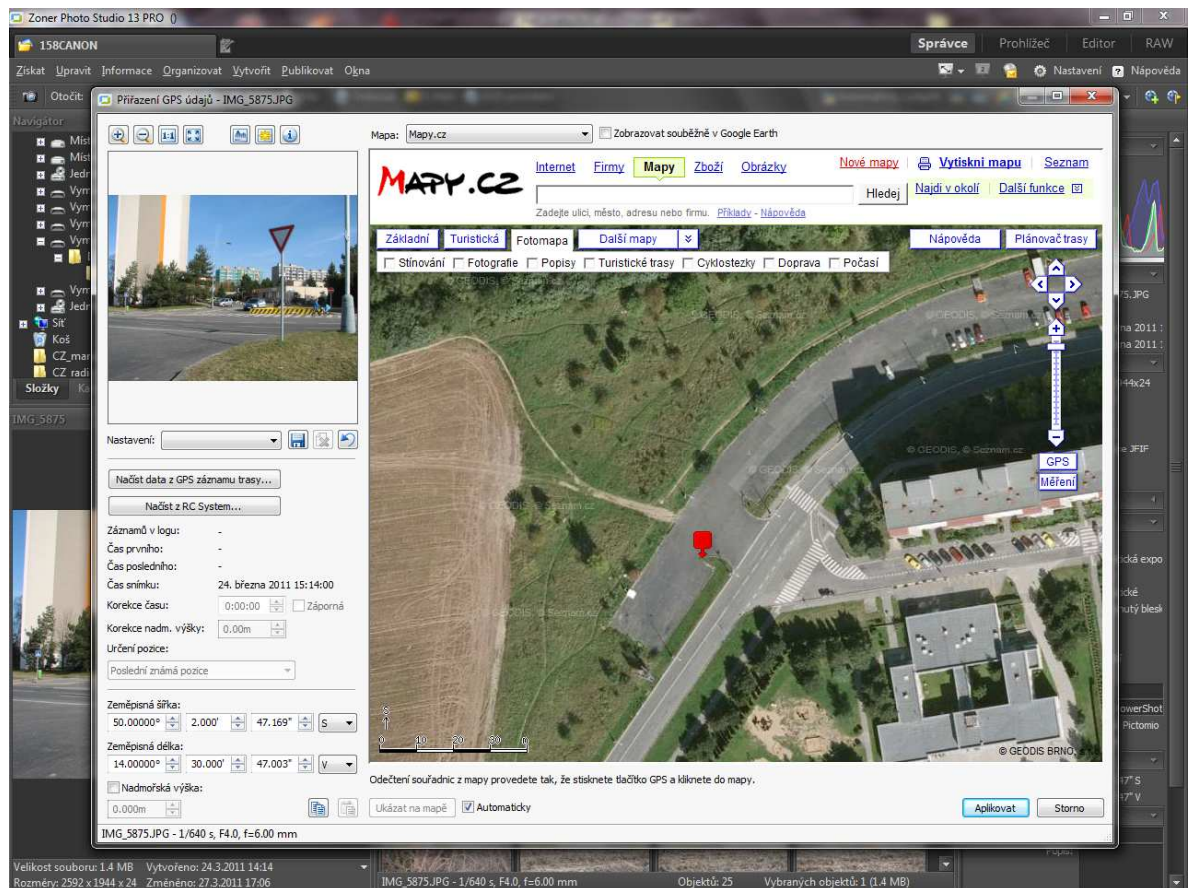
Pictomio je tedy software na prohlížení a geotagging digitálních fotografií, a navíc obsahuje funkce pro správu a sdílení snímků na Internetu. Aplikace získala nejspíš hlavně díky neoficiální české lokalizaci na své atraktivitě. I celkový rozsah služeb programu je, vzhledem k nulové ceně (pro domácí koncové uživatele), nepochybně nadprůměrný.^[20]

4.3.3. Zoner Photo Studio

Pod názvem Zoner Photo Studio (ZPS) lze najít program českého výrobce ZONER software, a.s., který je určen pro správu, editaci a sdílení fotografií. I on obsahuje jeden z dobře fungujících modulů - vizuální geotagging, přičemž ZPS ve verzi 13 je první verzí tohoto programu, která je k dispozici i v 64bitové edici pro stále častěji nasazované 64bitové verze Windows 7 a případně pro Windows Vista. Na rychlost zpracování fotek má vliv i optimalizace pro využití vícejádrových procesorů, které jsou dnes běžně používané v počítačích i noteboocích. S tím se také zvýšila rychlost zpracování RAW dat z digitálních fotoaparátů nebo zobrazení a úpravy snímků v 10bitové barevné hloubce (to odpovídá jedné miliardě barev). Nová verze oproti minulé nenabízí příliš změn, ale nové funkce najdeme. Nabízí se například možnost otevření více samostatných záložek prohlížeče nebo zobrazení prohlížeče na jednom monitoru a editoru na druhém.

Uspořádání fotek dle potřeby umožňuje nově aplikovaný panel se značkami pro přidávání, hodnocení a vytváření barevných kategorií, a pokud jsou k fotografiím přiřazeny GPS souřadnice i k vyhledávání snímků podle místa jejich pořízení. ZPS umí fulltextově vyhledávat v obsahu všech EXIF metadat uložených ve fotografii. Získáte tak možnost lépe najít například fotografie pořízené konkrétním fotoaparátem, se zvoleným časem expozice, ISO citlivostí, podle popisku atd. Fulltextové vyhledávání funguje včetně logických operátorů AND a OR. Chybí zde však funkce na rozpoznávání obličejů fotografovaných osob, což je dnes běžně součástí nabídky konkurence.

Poslední novinkou je funkce skládání fotografií z více pořízených záběrů, pomocí níž lze z fotky odstranit nežádoucí objekty bez jakékoli složité retuše. Postačí pořízení více stejných záběrů, ze kterých pak ZPS poskládá fotku přesně dle představ uživatele. Tatož funkce umožňuje objekty z fotografií odstranit i přidat.



Obrázek č. 18 - Ukázka prostředí programu Zoner Photo Studio. (zdroj: autor práce)

Novými nástroji, které v ZPS 13 přibyly, jsou guma s podporou průhlednosti, retušovací štětec s automatickou kontrolou barevnosti okolí (pracuje jako vylepšené klonovací razítko, ale výsledek více splývá s okolím), magická hůlka, označující oblast dle jasů a odstínů nebo speciální štětec pro vytváření přesných masek výřezů. Nově je také možné přímé nahrávání galerií snímků na, v současnosti tolik oblíbené, sociální servery Facebook nebo Flickr. Zoner Photo Studio má schopnost velmi dobře spolupracovat s populárními mapovými servery Mapy.cz a Google Maps a geografickou aplikací Google Earth. Následně je možné souřadnice k fotografiím přiřazovat, ale i zpětně zobrazit na

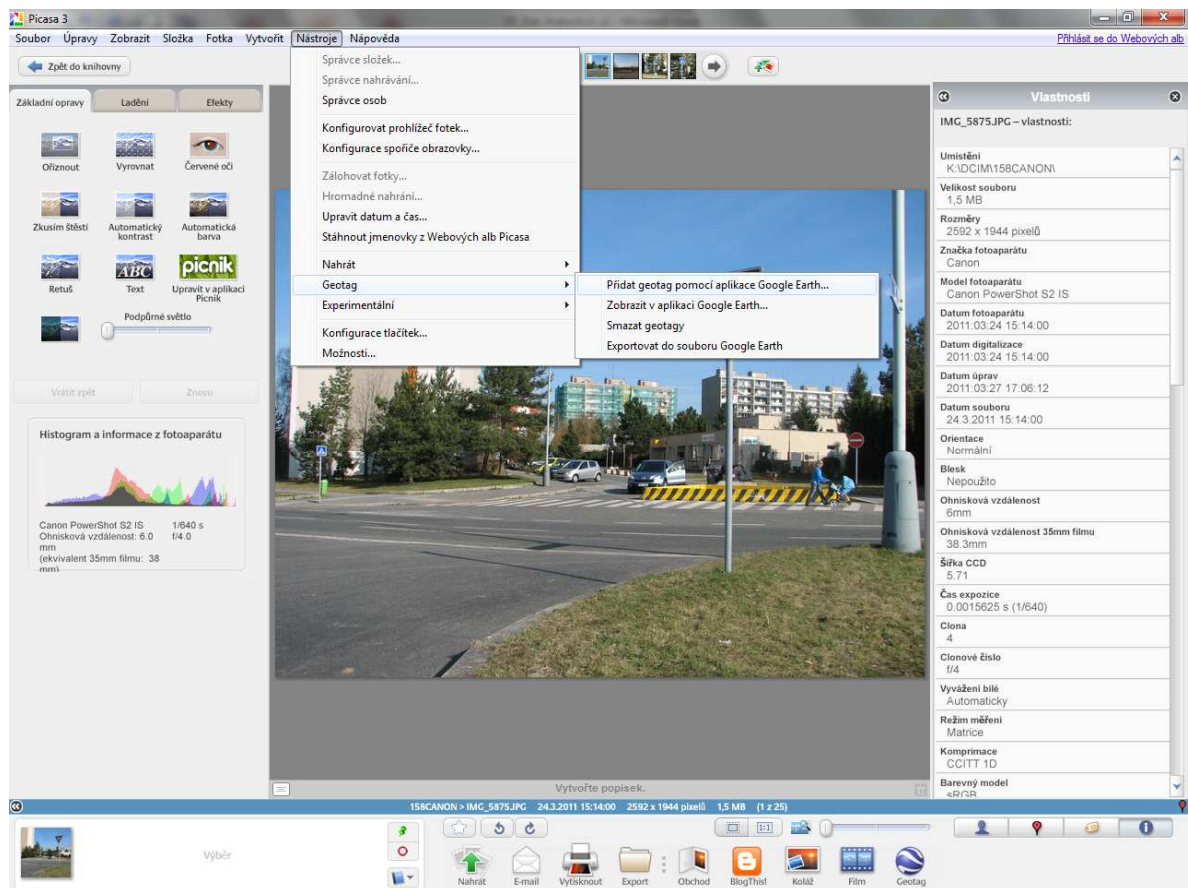
mapě nebo leteckém (družicovém snímku), přičemž Mapy.cz poskytují velice podrobnou mapu ČR a mapy Google Maps jsou využitelné hlavně pro fotografie ze zahraničí. Přiřazení souřadnic z jednotlivých mapových serverů se liší podle mapového podkladu. Při práci v mapách serveru Mapy.cz je pro získání konkrétní souřadnice třeba před kliknutím do map zvolit odečítání GPS údajů přímo v této mapové aplikaci. V případě Google Maps uvedený mezikrok odpadá a stačí potvrdit zatržítko „odečítat GPS souřadnice“. Zde je však před odečtením třeba potvrdit registraci komponenty do programu ZPS.

Alternativní a neméně zajímavou možnost poskytuje nástroj pro přiřazení souřadnic z aplikace Google Earth. Po výběru fotografií v okně Průzkumníka ZPS a vyvolání funkce se spustí program Google Earth se speciálním modulem, který zobrazí okno s náhledem prvního vybraného snímku a dvěma tlačítky, umožňujícími posun obrázků. Nejdůležitější tlačítko „Přiřadit souřadnice k obrázku“ odečte a přiřadí k vybrané fotografii aktuální souřadnice. Google Earth také nabízí možnost zobrazit celé série fotografií s přiřazenými souřadnicemi a popiskami, vytvořenými rovněž v ZPS pomocí funkce Zobrazit v Google Earth. Fotografie se tak zobrazí v mapě přímo v místě pořízení, a to v podobě malých náhledů s názvy míst, na které pak lze kliknout, načež se zobrazí větší snímky i s popisem. Tato funkce pro komunikaci s Google Earth využívá standardní KML/KMZ soubory, do kterých je vložený název a popis či další data o fotografii. GPS souřadnice umožňují vyhledávat ve fotoarchívu snímky pořízené v okolí vybraného místa. Souřadnice lze zobrazit během promítání či vytisknout jako popisek ke snímku. Pravděpodobně nejefektivnější cestou je vytvoření internetové galerie s fotografiemi, kde je přímo u nich uveden on-line odkaz na některý z uvedených mapových serverů, přímo na místo, kde byl snímek pořízen. Průvodci tvorbou HTML galerie prezentuje u některých šablon možnost nastavit proměnnou <GPSLINK> pro zadání konkrétní on-line mapy.^[3]

4.3.4. Picasa

Další aplikací společnosti Google je nová verze freewarového organizéru a editoru digitálních fotografií, která rozšiřuje editační schopnosti programu, přidává tvorbu video klipů z portrétových snímků, umožňuje hromadné nahrávání fotek pro webová alba a nabízí i další nové funkce. Je jím správce fotografií Google Picasa (k dispozici je zdarma ve verzích pro Windows a Mac OS X). Organizér snímků Picasa má poměrně důležité místo v portfoliu online a offline aplikací napojených na různé webové služby.

Asi nejzajímavější novinkou v Picasa je napojení sekce pro úpravy fotografií na online editor Picnik, který patří mezi portfolio služeb a nástrojů pro zpracování obrazových dokumentů společnosti Google. Picnik neslouží jen k běžným image úpravám, ale ve své komerční (placené) verzi umožňuje další služby jako například online tvorbu koláží a různých speciálních efektů, včetně bělení zubů u portrétů či simulaci hloubky ostrosti. Problémem je, že Picnik funguje v Picasa zdlouhavě, protože Picasa musí nejprve do online editoru odeslat příslušný snímek a po jeho úpravě fotku opět stáhnout zpět. Editační část Picniku funguje přímo v okně Picasa, kde je možné nechat snímky po jednom automaticky barevně upravit, natočit, oříznout a doostřit, upravit jejich expozici, barevnost a případně i vyretušovat červené oči.



Obrázek č. 19 - Ukázka prostředí programu Picasa. (zdroj: autor práce)

Picasa umí také rozpoznat a identifikovat shodné osoby na portrétových snímcích a všech fotografiích, na nichž se lidské tváře vyskytují. Všechny rozpoznané osoby

(náhledy jejich obličejů) lze z fotoalba nahrát do Google Contacts a následně využít jejich synchronizačních služeb k výměně náhledů například s databází kontaktů v Apple iPhone, mobilními zařízeními s OS Android apod.

Další novinkou je vylepšení hromadného nahrávání fotografií do webových alb online služby/serveru Picasa Web Albums. Více snímků a fotoalb lze nahrávat současně, lze je i nezávisle na uploadu odstraňovat, měnit jejich viditelnost a stav synchronizace. Praktická je i vlastnost snímků fungující v rámci synchronizace s Picasa Web Albums, kdy se všechny změny oprávnění prohlížení snímků a textové popisky fotek v Picasa Web Albums mohou synchronizovat automaticky se změnami provedenými v organizéru Picasa.

Vylepšení lze nalézt i v panelu Properties, zobrazujícím vlastnosti jednotlivých snímků a video souborů, který mimo EXIF informací podporuje také různá XMP (Extensible Metadata Platform) metadata, některá z nich umí Picasa ze souboru načíst a správně zobrazit.^[21]

4.3.5. Panoramio

Aplikace Panoramio umožňuje umístění fotografií na mapě. Jde o aplikaci původně španělskou, později koupenou Googlem, která nabízí obrovskou databázi lokalizovaných snímků, díky nimž si lze například podrobně prohlédnout na mapě v prohlížeči či v programu Google Earth cíl připravované cesty.

Pracovat s Panoramiem je velmi snadné. Uživatel může nahrávat fotografie prakticky ihned po založení účtu. Cesty, pomocí nichž lze přidat informaci o místě, kde byl snímek pořízen, jsou tyto:

- vyhledání názvu místa (Panoramio zeměpisné souřadnice mnoha míst na Zemi zná a doladit umístění lze poté manuálně)
- přímé prohledávání mapy („zapíchnutí vlaječky“)
- zadání souřadnic místa (souřadnice lze zadávat číselně přímo k fotografiím, nemusí se párovat s daty GPS)
- vzít souřadnice z hlavičky EXIF (pokud je více fotografií a k dispozici máme GPS, je to nejrychlejší metoda)

Souřadnice je možné do EXIF vložit mnoha různými způsoby. Lze použít například Zoner Photo Studio, z freewarových programů pak třeba Google GPicSync.

Jsou-li fotografie se souřadnicemi v EXIF, stačí vybrat fotky, které chceme nahrát, a Panoramio je přečte a přiřadí snímkům správnou polohu. Fotografie se tedy pomocí Panoramia zobrazují na upravené mapě Google Maps, kdy jsou v levé části vidět náhledy a v pravé na mapě body míst, kde byly snímky pořízeny. Po najetí myši na některý z objektů se odpovídající dvojče na druhém panelu zvýrazní, takže lze poznat, jaká fotografie byla kde pořízena. Klepnutím je možné náhled snímku zvětšit a také získat další informace. V záložce „oblíbené“ se pak můžeme dostat ke všem fotografiím z vybraného území.

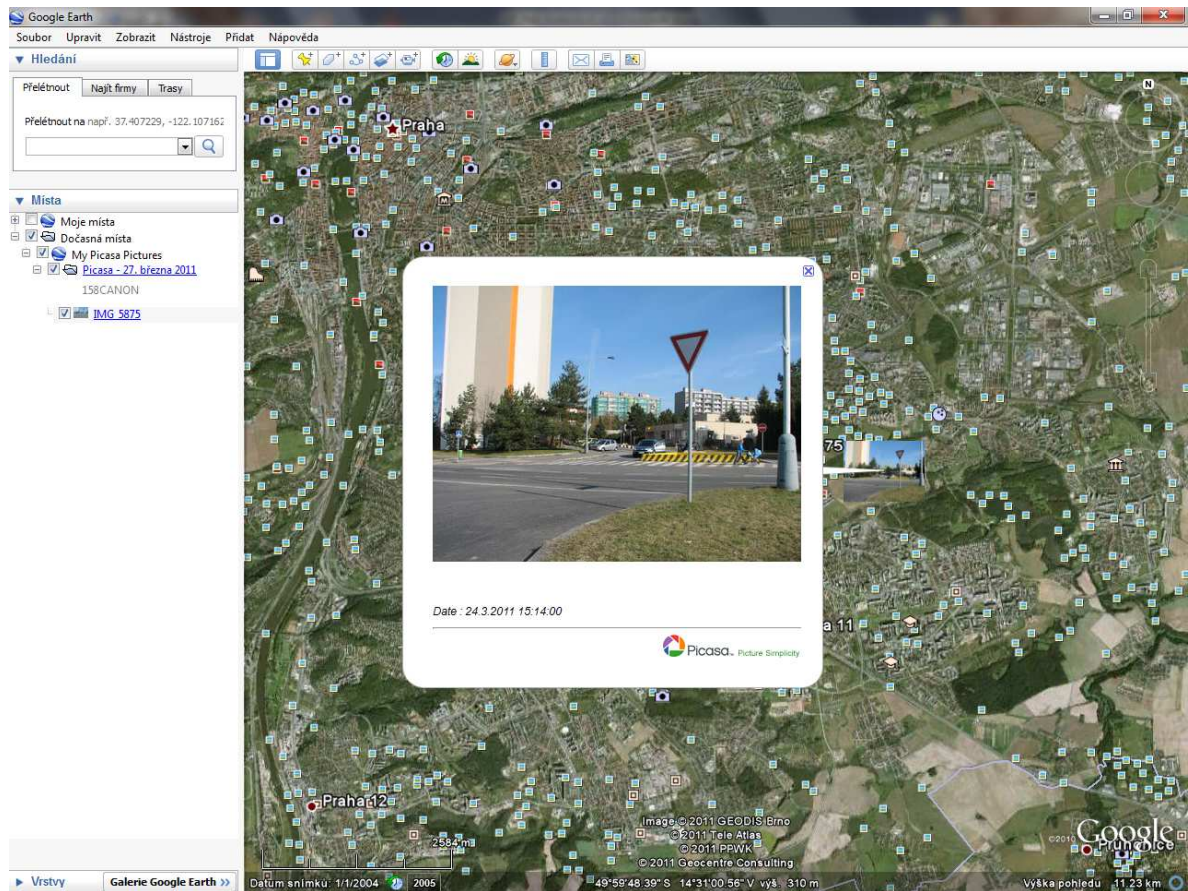
Služba Panoramio je v současnosti tou nejjednodušší a nejrychlejší metodou jak zobrazit fotografie s geografickými informacemi na mapě, přičemž kombinace map v internetovém prohlížeči a programu Google Earth uspokojí všechny požadavky.^[22]

4.3.6. Google Maps + Google Earth

V roce 2005 spustila společnost Google, Inc aplikaci nazvanou Google Maps, která se hned záhy zařadila mezi stěžejní projekty společnosti. Jedná se o aplikaci, která kromě základních mapových služeb (zobrazení mapy, vyhledání adresy) nabízí technologický základ pro další využití.

Aplikace Google Maps zobrazuje svět několika způsoby - mapovým podkladem, satelitním snímkem nebo vizualizací terénu. Mapy je možné různě přibližovat, přičemž kvalita přiblížených dat v dané oblasti se liší podle její důležitosti. Snímky jsou aktualizovány přibližně jednou za rok. K funkcím patří nejen vyhledávání adresy, ale i vyhledávání trasy mezi dvěma objekty (autem, pěšky, MHD) i s odhadem času a vzdálenosti.

Nabídka Google Maps je mnohem širší díky propojení s webem Panoramio, který umožňuje prohlížet fotografie či videa a získat zajímavé informace ze zadaných míst. Uživatelé si tak mohou vytvářet vlastní mapy a vyznačovat si na nich pro ně důležitá místa spolu s poznámkami. Do map lze importovat souřadnice z GPS či jiných systémů nebo přikládat další aplikace (přehled počasí, vrstevnice apod.). Nabízí se i možnost přes adresář firem vkládat nejen polohu, ale i reklamní informace.



Obrázek č. 20 - Ukázka prostředí programu Google Earth. (zdroj: autor práce)

Další krok ve vývoji byl proveden v květnu 2007, kdy byla spuštěna služba Google Street View, jež umožňuje 360°panoramatický pohled na ulici s možností virtuálního pohybu.

Google Transit je službou vyhledávací spojení veřejnou dopravou. Data do této služby dodávají dobrovolně přepravci, kteří poté na svých stránkách zveřejní jen speciální XML soubor s popisem jeho jízdních řádů a Google soubory pak sám zaindexuje a propojí. (IDOS, provozovaný v ČR obsahuje databázi jízdních řádů, ale data ve formátu pro Google ještě nepřístupňuje).

Desktopová aplikace Google Earth využívá rychlého připojení k internetu a akcelerované 3D techniky k „létání“ nad světem. Umožňuje zobrazovat satelitní snímky, mapy, vizualizaci 3D terénu hor i ulice a budov vybraných měst, včetně památek.

Google maps jsou dostupné i přes mobilní telefon, pokud je stažena aplikace Google Mobile Maps. Na některých mobilech umí aplikace sama zjistit naši polohu, i když

nemáme GPS (využívá informací z mobilních vysílačů v okolí). Nová mobilní aplikace Google Latitude umožňuje sdílet naši polohu s přáteli. Na mapě je zobrazena poloha a stavová zpráva sdílených osob.

Mapové rozhraní Google Maps lze vkládat i do svých vlastních stránek (vlození plnohodnotné mapové aplikace). Využití této služby je možné například v realitních kancelářích (poloha nemovitosti), při předpovědi počasí, pro mapy hotelů, databázi last minute zájezdů apod. Možností je i vložení kódu, který zobrazí „živou“ mapu včetně navigačních prvků.

Google se snaží vybudovat aplikace pro celkovou znalost světa, tedy i pro znalost geografických údajů a Google Maps je jedním z prvků této snahy. Uživatel, který je z různých důvodů odkázán na virtuální cestování, je poskytnut zcela nový rozměr jeho cest.^[23]

4.4. Hardware pro geotagging

Na trhu je velké množství různých typů fotografických přístrojů a GPS přijímačů.

Tabulka č. 4 - Kompaktní fotoaparáty s integrovaným GPS přijímačem. (zdroj: autor práce)

Výrobce	Značka fotoaparátu	Ohnisková vzdálenost objektivu (mm)	Přepočtená ohnisková vzdálenost na 35mm	Velikost snímacího světlocitlivého čipu	GPS / kompas
Sony	DSC-HX5V	4,25-42,5	25-250	1/2,4" (7,59 mm)	Ano / Ano
Sony	DSC-HX7V	4,3-42,5	25-250	1/2,3" (7,75 mm)	Ano / Ano
Sony	DSC-HX9V	4,28-68,48	24-384	1/2,3" (7,77 mm)	Ano / Ano
Sony	DSC-HX100V	4,8-144	27-810	1/2,3" (7,75 mm)	Ano / Ano
Samsung	NX100	výměnný	výměnný	23,4 x 15,6 mm	Ano / Ne
Samsung	WB600	3,9-58,5	24-360	1/2,3" (11 mm)	Ano / Ne
Samsung	WB650	3,9-58,5	24-360	1/2,3" (11 mm)	Ano / Ne
Panasonic	DMC-TZ10	4,1 - 49,2	25 - 300	1/2,33"	Ano / Ne
Panasonic	DMC-TZ20	4.3-68.8	24-384	1/2,33"	Ano / Ne
Panasonic	DMC-FT3	4.9-22.8	28-128	1/2,33"	Ano / Ano
Canon	PowerShot SX230	5,0-70,0	28-392	1/2,3"	Ano / Ne
Nikon	COOLPIX P6000	6-24	28-112	1/1,7"	Ano / Ne
Pentax	Optio WG-1 GPS	5.0 - 25	28 - 140	1/2.33"	Ano / Ne
FujiFilm	FinePix F550EXR	4.4 - 66	24-360	1/2"	Ano / Ne
FujiFilm	FinePix XP30	5.0 - 25.0	28-140	1/2.3"	Ano / Ne

Fotografické přístroje, které v sobě nemají integrován GPS přijímač, mohou být doplněny o tzv. GPS loggery:

- Qstarz BTQ-800 GPS
- Navilock NL-457DL EasyLogger
- Canmore GT-730FL- S
- GPS tracker Canmore GP-102
- GPS Sport tracker Canmore GP-101
- Canmore GT-750FL- S
- SONY GPSCS3KA GPS datalogger
- EU3C Holux M-1200E
- EU3C Holux M-241

GPS loggery od společnosti SONY určené přímo pro fotografy:

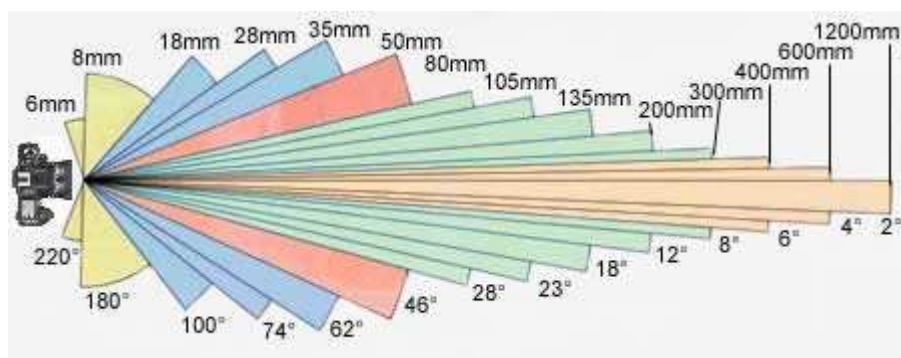
- SONY CS1KASP Jednotka GPS
- SONY CS1KA Jednotka GPS
- SONY CS1 Jednotka GPS

Další možností jsou specializovaná přídavná zařízení určená pro záznam zeměpisné polohy. Například společnost Somneta vyrábí pro zrcadlovky Nikon D3x, D3, D700, D300S, D300, D2XS, D2X, D2HS, D200, D90, D5000 a Fujifilm S5Pro systémovou jednotku GPS Somneta Geotagger Pro, která v sobě současně obsahuje třísměrný elektronický kompas. Do EXIF metadat fotografií, pořízených jmenovanými fotoaparáty s touto připojenou jednotkou, lze tedy uložit jak zeměpisné souřadnice, tak i azimut.

5. Návrh využití lokalizace digitálních snímků

5.1. Zorný úhel

Pro výpočet úhlu záběru musí být známy dva údaje, ohnisková vzdálenost objektivu, kterým byla fotografie pořízena a úhlopříčka snímacího čipu fotoaparátu. První údaj fotoaparát zapisuje do EXIF, není tedy žádný problém ho získat. S údajem o velikosti úhlopříčky světlocitlivého snímacího čipu je to ale horší. Tento údaj se do metadat EXIF nezapisuje, ale zapisuje se sem značka a typ fotoaparátu. K získání úhlopříčky snímacího čipu je nutné vytvořit databázi fotoaparátů s velikostí použitých snímacích čipů s jejich úhlopříčkou. Nastává tu ale malý problém s tím, že výrobci fotoaparátů ve snaze uživatele (zákazníky) nalákat na velikost čipu (o důležitosti rozměru snímacího světlocitlivého čipu píše autor ve své bakalářské práci), se dopouštějí záměrně zkreslování informace o velikosti snímacího čipu a uvádějí většinou velikost celého čipu i s obalem. Úhlopříčka snímací části, ze které se výpočet úhlu záběru provádí, je tak ve skutečnosti mnohem menší, než je výrobcem udávána. Je to vlastně podobný případ, jako byl u CRT obrazovek, kdy výrobci monitorů a televizí udávali, že monitor má velikost např. 17", což byla velikost úhlopříčky celé obrazovky včetně ochranného skla. Skutečná, viditelná úhlopříčka, tj. ta, na kterou se promítal obraz, byla však zpravidla o cca 2" menší. Databázi vytvořenou z údajů výrobců, bude tedy nutné editovat a údaje o velikosti snímacího čipu opravit například zpětným výpočtem na základě empirické zkoušky.



Obrázek č. 21 - Znázornění ohniskové vzdálenosti a odpovídajícího zorného úhlu pro kinofilm.^[24]

Na základě údajů z databáze velikostí úhlopříček snímacích světlocitlivých čipů a ohniskové vzdálenosti lze zorný úhel záběru fotoaparátu vypočítat podle vzorce:

$$2 * \arctg \frac{\text{úhlopříčka snímacího čipu (mm)}}{2 * \text{ohnisková vzdálenost objektivu (mm)}}$$

Ze souřadnic zeměpisné šířky a délky tedy již víme, ze kterého místa byla fotografie pořízena. Známe i azimut, kterým směrem bylo fotografováno, a nyní byl výpočtem získán údaj o tom, jakým zorným úhlem byla fotografie pořízena, tedy co se na fotografii nachází. Vložení těchto údajů na mapový podklad s vhodným měřítkem lze získat poměrně kvalitní informace o vyfotografovaném objektu.

5.2. Praktické využití

5.2.1. Dokumentační (technická) fotografie

Fotografie, která má ve svých metadatech uloženy zeměpisné souřadnice místa, odkud bylo fotografováno a směr, kterým bylo fotografováno, je vhodným zdrojem informací při dokumentaci míst, kde záleží na pohledu, ze které strany je daný objekt sledován. Tato situace nastává například při dokumentaci dopravní nehody. Je zřejmé, že pro vyšetřování takové situace je velmi důležité zachytit nehodu tak, aby při interpretaci fotografie nemohlo dojít k jejímu náhodnému nebo dokonce záměrnému chybnému výkladu. Údaj směru (azimut), kterým byla fotografie pořízena, by k eliminaci podobné situace měl přispět. Přidáním úhlu záběru jako další vrstvy na mapový podklad lze s určitou mírou tolerance zjistit, zda byla provedena kompletní dokumentace, tj. jestli je na fotografiích vše, co je požadováno a jestli je daný objekt zájmu vyfotografován ze všech stran. I zde se o vyhodnocení údajů z metadat fotografií může postarat vhodný program (algoritmus) a upozornit na neúplnou fotodokumentaci ještě předtím, než bude objekt z místa odvezen a fotodokumentaci nebude možné dodatečně pořídit.

5.2.2. Časoběrné fotografie (geomorfologie, botanika, ornitologie, atd.)

V metadatech EXIF fotografií je samozřejmě mimo geotagu (zeměpisné souřadnice, azimut, nadmořská výška, atd.) a mimo další informace o fotografii a fotoaparátu, kterým byla fotografie vytvořena, zaznamenán i datum a čas vzniku fotografie. Datum a čas je základní podmínkou tzv. časoběrné fotografie, která ukazuje na sérii fotografií pořízených s určitým časovým odstupem, jak se měnil fotografovaný objekt. Takovéto časoběrné fotografie jsou velice cenné a mají velkou vypovídací hodnotu.

Jedním z oborů, kde se nabízí možnost praktického využití, je geomorfologie (studium tvarů zemského povrchu), při jejíž fotodokumentaci (coby doplňku konkrétních měření) není zapotřebí dosahovat větší přesnosti, než je v řádech (desítek) metrů. Této přesnosti lze dosáhnout za použití běžně dostupného hardware, tj. fotoaparátu s vestavěným GPS přijímačem nebo přídavným GPS loggerem a elektronickým kompasem. Popsané zařízení se může stát vybavením pro každého geologa, neboť je vhodné jak svou finanční, tak objemovou nenáročností. Při vědeckých výpravách tak lze pomocí již dříve zanesených dat s poměrně velkou přesností lokalizovat stanoviště výzkumu a identifikovat zkoumaný objekt. Vznikne tak například ucelená fotodokumentace změn vzniklých pod vlivem různých krajnotvorných procesů. Data, určující stanoviště pro fotografování, jsou přínosem zvláště v místech nepřehledného terénu či tam, kde je absence orientačních bodů. V určitých časových úsecích mohou takto díky aplikaci odborníci lépe zaznamenat nuance vzniklé přírodními procesy (činnost vodních toků, erozní procesy, sesuvy).

S ohledem na to, že pro fotografování a měření polohy se využívá běžných hardwarových prostředků, které jsou uvedeny v kapitole Hardware pro geotagging této práce, není vzniklá fotografie vhodná pro zaměřování objektu, při němž je zapotřebí větší přesnosti. Její uplatnění lze najít spíše v dokumentační činnosti. Vzhledem k dosahované teoretické přesnosti 5-10m (v praxi je přesnost mnohem lepší) u GPS uživatelského sektoru přijímající signál v pásmu L1 a možné odchylce azimutu třeba jen o pouhých 5°, by mohla odchylka záběru fotoaparátu při vzdálenosti fotografovaného objektu 20 metrů dosáhnout 12m. Se vzdáleností fotografovaného objektu možná odchylka narůstá. A čím bude užší úhel záběru fotoaparátu (čím bude větší ohnisková vzdálenost), bude se snižovat pravděpodobnost, že dvě fotografie pořízené s časovým odstupem nebo dvěma různými fotografy, budou zachycovat stejný objekt.

Omezení tohoto problému lze dosáhnout použitím dostatečně širokého záběru (v poměru ke vzdálenosti fotografovaného objektu) tak, aby fotografie měla dostatečný přesah a objekt zájmu se na dané fotografii s vysokou pravděpodobností nacházel. V krajině, kde lze najít určité neměnní se orientační body (které body v krajině lze ovšem vzhledem k nedávnému zemětřesení v Japonsku a následnému tsunami považovat za neměnné?) lze objekt zájmu vyfotografovat tak, aby byl orientační bod zachycen i na fotografii. Mohla by to například být nějaká stavba nebo skála atd. Je-li zapotřebí ale

dokumentovat změny v krajině při současném odlesňování nějakého území, kde orientačními body v krajině jsou právě ony mizející stromy? Je jedinou možností dané fotografie pořizovat tak, aby úhel záběru fotoaparátu eliminoval nepřesnosti vzniklé měřením zeměpisné pozice a azimutu záběru, aby na všech pořízených fotografiích byl požadovaný objekt zájmu. Pro zpřesnění a další eliminaci chyby je vhodné, pokud to podstata zkoumaného objektu dovoluje, pořídit s daným přiblížením (s danou ohniskovou vzdáleností) sérii snímků s mírným posunem záběrů v horizontální ose tak, aby vzniklo několik snímků vzájemně se překrývajících. Spojení tímto způsobem pořízených fotografií lze získat „výřez“, který bude odpovídat požadovanému záběru.

U fotografií, které obsahují společné body (stromy, budovy, skály, břehy vodních ploch), které se na stejném místě nacházejí i na ostatních fotografiích pořízených na tomto místě, může stejný záběr i velikost výřezu zajistit vhodný algoritmus. Po tomto zpracování fotografií budou záběry téměř totožné.

5.2.3. Praktické (pokusné) fotografování

Součástí této práce je také praktické ověření použitelnosti uvedené metody dokumentační fotografie. Na 3 různých místech byla vyfotografována série snímků s cílem ověřit, zda je možné za pomoci běžně dostupných hardwarových prostředků dosáhnout takové přesnosti, shody v záběru pořízených fotografií, která by umožňovala praktické využití. Série fotografií byly pořízeny na třech různých místech (v zástavbě, na okraji zástavby a v sadu) tak, aby byl ověřen vliv prostředí na příjem signálu GPS, tím i přesnost určení polohy a vliv na určení azimutu kompasem. Fotografie byly nafoceny postupně tak, že bylo vždy v jeden den na každém vybraném místě nafoceno několik fotografií určitým směrem (azimutem) a s určitou ohniskovou vzdáleností objektivu (úhlem záběru fotoaparátu).

Pro účely zkoumání bylo použito běžného hardwaru tak, aby byla prokázána možnost jeho využitelnosti pro daný záměr.

Použitý hardware:

- Fotoaparát Canon Pever Shot S2 IS
- Smartphone HTC Touch HD (použit pro určení GPS souřadnic)

- Smartphone Samsung Galaxy S (použit jak pro určení GPS souřadnic, tak pro určení azimutu)
- Autonavigace GARMIN Nüvi 765 (použita pro určení GPS souřadnic)
- Kompas
- Stativ Velbon CX-444

Pro zpětné dohledání pozice, odkud bylo fotografováno první den (referenční fotografie) byl použit Smartphone Samsung Galaxy S s instalovaným softwarem pro geocaching (hra pro majitele GPS navigací s hledáním schránek, které jsou schovány za zeměpisnými souřadnicemi) C:geo, s programem Compass pro zobrazování informace o azimutu získané z čipu elektronického kompasu a programem GPS Test pro analýzu dostupnosti signálu z družic.

Při fotografování fotoaparátem Canon Power Shot S2 IS nelze zvolit přesnou ohniskovou vzdálenost, protože se tento údaj nikde v hledáčku ani na displeji přístroje nezobrazuje. Úhel záběru byl zvolen pouze odhadem, podle grafického ukazatele.



Obrázek č. 22 - Referenční fotografie z pozice č.1. (zdroj: autor práce)

První den proběhlo fotografování tzv. referenčních fotografií, bylo zvoleno přesné místo, a to bylo v terénu označeno a zaměřeno. Jednotlivé GPS přijímače se od sebe mírně lišily v zaměření souřadnic daného bodu, a tak byly jako referenční souřadnice zvoleny ty, získané zprůměrováním. Dále byly změřeny azimuty vybraných směrů fotografování, a to s určitým odstupem od kovového stavivu. Všechny údaje byly zaznamenány a následně ověřeny v Google Earth.

Další den probíhalo kontrolní fotografování, při kterém bylo zjištěno, že používaný software pro vyhledání místa podle zadaných souřadnic, používaný pro geocaching a nainstalovaný na telefonu Samsung, nesplňuje požadavky na přesnost. Označená místa byla dohledávána jen díky „znalosti“ těchto míst a s přesností výrazně horší než 5m. Proto byl pro vyhledání míst, odkud se fotografovaly referenční fotografie, nainstalován software GPS Status, který byl schopen označit hledané místo u všech třech míst s přesností $>0,5\text{m}$ (0,7m). Další tři dny již proběhlo kontrolní fotografování tak, jak předpokládala analýza, tj. s dostatečnou přesností vyhledání pozice pro umístění fotoaparátu. Při tomto zkoumání nebyl uvažován vertikální úhel náklonu fotoaparátu, který by v případě potřeby šel stanovit sklonoměrem. Fotoaparát byl zaměřen vždy na přirozený horizont.



Obrázek č. 23 – Fotografie výzkumu z pozice č.1 (12x zoom). (zdroj: autor práce)



Obrázek č. 24 – Fotografie výzkumu z pozice č.1 (12x zoom). (zdroj: autor práce)

S uvedeným hardwarem a při správně zvoleném softwaru je možné dohledat bod určený zeměpisnými souřadnicemi s přesností $\pm 0,5\text{m}$. Jsou k tomu samozřejmě také zapotřebí dobré podmínky viditelnosti družic a určitá zkušenost, jak s používanými prostředky zacházet. Elektronický kompas v telefonu Samsung Galaxy S a obslužný software Comapss je bohužel značně nepřesný a měření s ním je velice zdlouhavé a komplikované. Výsledný azimut vznikl jako průměr několika měření. Kompas je náchylný na různé magnetické předměty v jeho blízkosti, nakonec se ale vždy podařilo s určitou mírou tolerance požadovaný směr zaměřit.

Na základě provedeného výzkumu bylo zjištěno, že je možné tímto způsobem pořizovat fotografie, na kterých budou stejné objekty, tj. body zájmu fotografa. Při vhodně zvolené ohniskové vzdálenosti objektivu v závislosti na vzdálenosti fotografovaného objektu lze dosáhnout skoro stoprocentní shody.

Výsledky zkoumání jsou zaznamenány v následující tabulce. Procentní shoda uvedená v tabulce je určení autora práce, jak se jednotlivé fotografie výzkumu shodují s vytvořenou referenční fotografií, tj. jak fotografie výzkumu odpovídají záměru zachytit na nich fotografovaný objekt.

Tabulka č. 5 - Naměřené hodnoty a skutečnosti při fotografickém výzkumu. (zdroj: autor práce)

		pozice 1	pozice 2	pozice 3	pozice 4	pozice 5
Referenční fotografování	GPS	N50° 2' 47,17"			N50° 2' 47,30"	N50° 2' 48,93"
	Souřadnice	E14° 30' 46,98"			E14° 30' 29,00"	E14° 31' 05,06"
	Azimut	74°	17°	165°	325°	95°
	Vzdálenost	34m	43m	23m	55m	72m
	1x zoom	-	-	-	-	-
	Ukazatel 1/3	-	-	-	-	-
	Ukazatel 1/2	-	-	-	-	-
12x zoom	-	-	-	-	-	
1. den	Odchylka	<0,5m			<0,5m	<0,5m
	1x zoom	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda
	Ukazatel 1/3	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda
	Ukazatel 1/2	80%	70%	70%	70%	80%
	12x zoom	60%	50%	50%	50%	60%
2. den	Odchylka	<0,5m			<0,5m	<0,7m
	1x zoom	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda
	Ukazatel 1/3	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda
	Ukazatel 1/2	70%	70%	70%	50%	70%
	12x zoom	50%	50%	50%	20%	50%
3. den	Odchylka	<0,5m			<0,5m	<0,5m
	1x zoom	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda
	Ukazatel 1/3	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda	Shoda
	Ukazatel 1/2	70%	70%	70%	70%	70%
	12x zoom	50%	50%	50%	50%	50%

Tento stav dokumentují vybrané fotografie, které jsou v příloze č.1.

5.3. Dotazování na téma geotagging

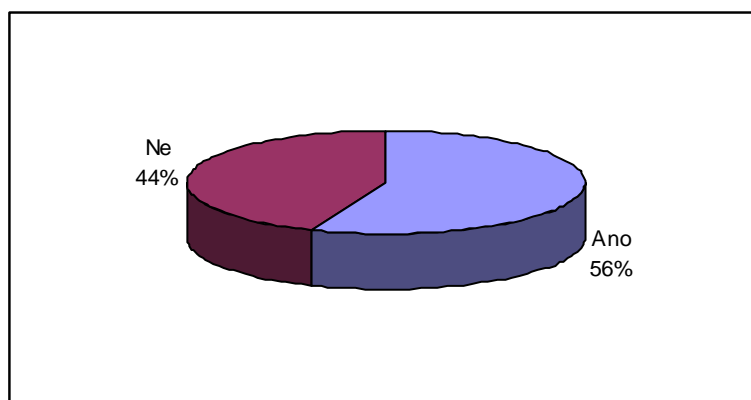
Součástí této práce je i průzkum, jehož předmětem je využití možnosti propojení digitální fotografie a technologie družicové navigace GPS odbornou i laickou veřejností. Cílem dotazování je získat od vzorku populace přehled o tom, jak hluboké povědomí má veřejnost o existenci a možnostech propojení digitálních fotografií s technologií GPS. Zda mají lidé zájem a možnosti tyto (či jim podobné) technologie využívat. Snahou je také detekování možného potenciálu využití dané technologie pro různorodé profesní spektrum i pro soukromí dotazovaných. Dotazování proběhlo elektronicky, prostřednictvím anonymního dotazování. Osloveno bylo 100 respondentů prostřednictvím elektronických médií v poměru: vyplnto.cz (7,5 %), facebook.com (8,1 %), jiné (76,3 %).

5.3.1. Analýza dat

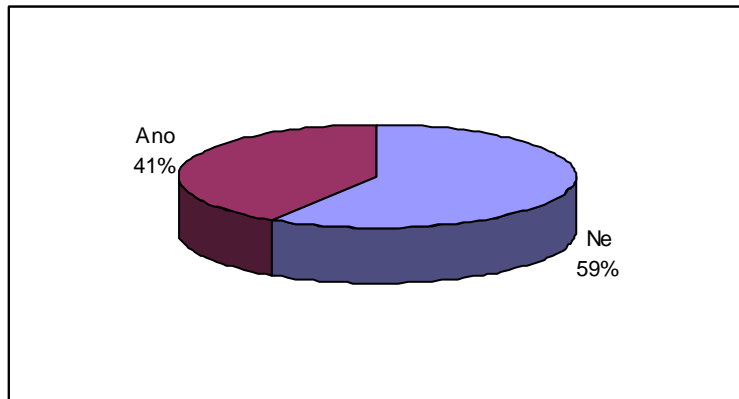
Výsledky dotazování ukazují, zda je vybraný vzorek populace, v němž je zastoupeno širší věkové a profesní spektrum respondentů, informován o možnostech, které technologie geotaggingu fotografií skýtá, a či se přiklání nebo nepřiklání k praktičnosti využití této technologie. Možnost lokalizace (či identifikace) místa zrodu fotografie dává další rozměr využití digitálních fotoaparátů při práci v exteriéru, což potvrdily i získané odpovědi.

5.3.2. Interpretace výsledků

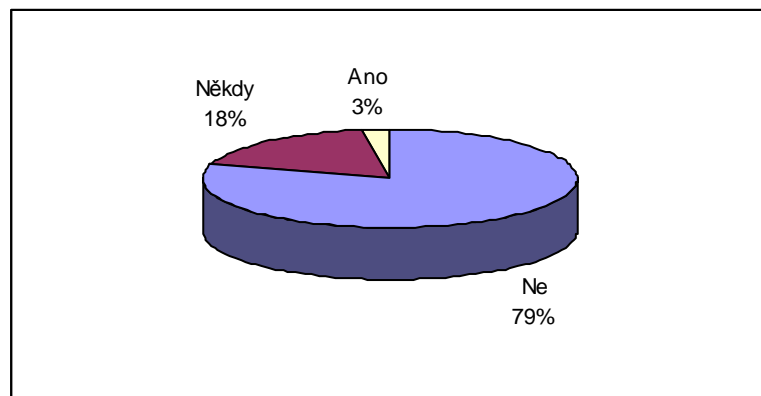
Výsledky průzkumu ukazují, zda vzorek populace, jež byl ochotný otázky k této práci odpovědět a v němž je zastoupeno širší věkové spektrum vlastní či nevlastní jakýkoli digitální fotoaparát a míru jeho využití především v privátním životě. 56% respondentů ví, co pojem „geotagging“ znamená (viz. graf č. 1) a z nich pak 41% uvedlo, že vlastní nějaké vybavení pro zaznamenávání zeměpisných souřadnic místa vzniku fotografie (graf.č. 2). V odpovědích pak byly nejčastěji uváděny mobilní telefony s GPS či iPhony. Dodatečný vizuální geotagging však provádí pouze 2 z dotazovaných, přičemž 14 osob umisťuje fotografie do mapy jen někdy (graf č. 3).



Graf č. 1. (zdroj: autor práce)

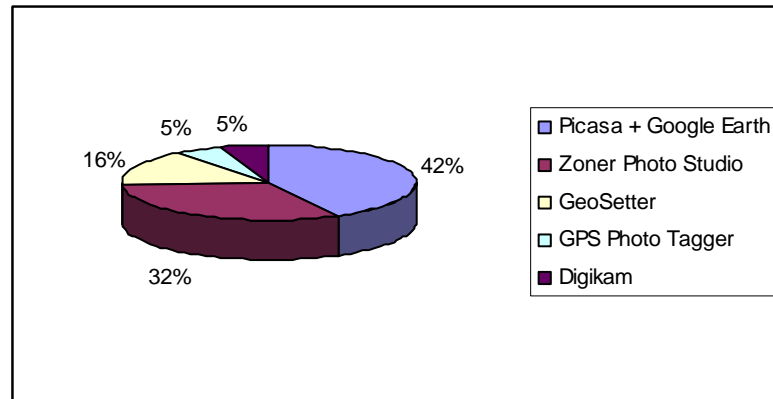


Graf č. 2. (zdroj: autor práce)

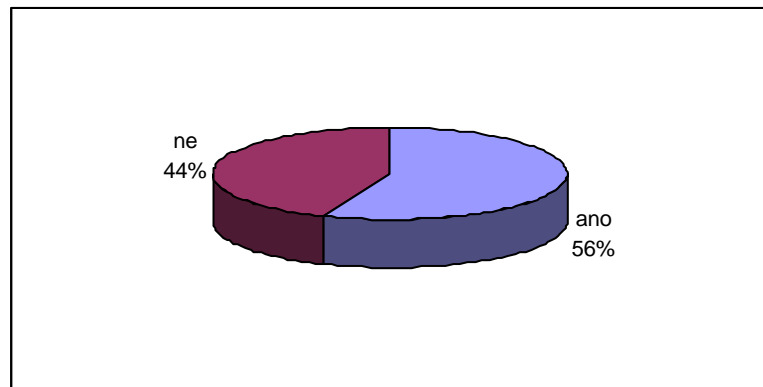


Graf č. 3. (zdroj: autor práce)

Nejčastěji používanými programy pro tuto službu jsou Picasa + Google Earth, Zoner Photo Studio, GeoSetter, GPS Photo Tagger a Digikam (graf č. 4). Přesto, že dodatečný geotagging provádí tak malé procento respondentů, považuje 56% dotazovaných informací o tom, kde fotografie vznikla, za důležitou (graf č. 5).

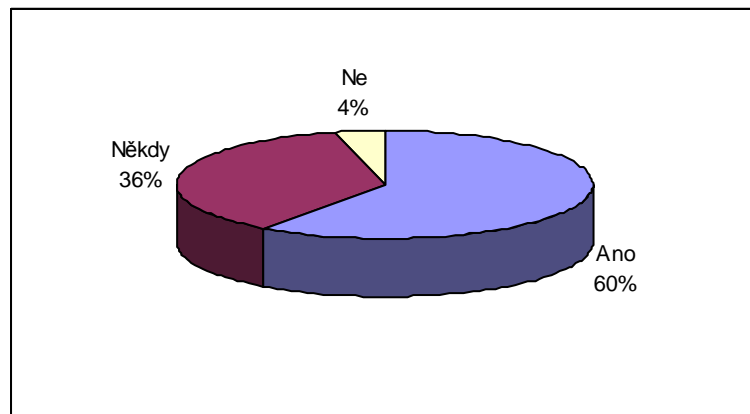


Graf č. 4. (zdroj: autor práce)



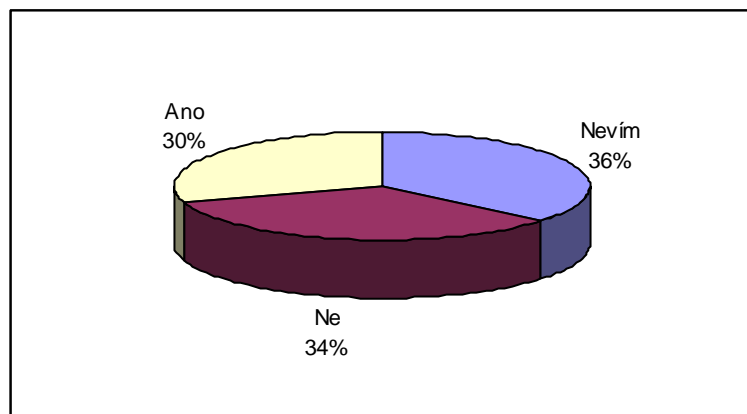
Graf č. 5. (zdroj: autor práce)

Praktičnost upřesňujících dat potvrzuje vyhodnocení otázky, zda se dotazovaní před svými cestami do míst, kde ještě nebyli, dívají na internetu na fotografie míst, kam jedou. V tomto případě 60% odpovědělo, že ano, 36% někdy a pouze 4% odpovědělo, že ne (graf č. 6). Nejčastěji používaným programem je Google Earth (80%).



Graf č. 6. (zdroj: autor práce)

Viditelnost směru fotografování již v náhledu (tedy možnost vidět na mapě nejen místo fotografování, ale i zacílení objektivu) považuje za důležité 30% respondentů, 36% neví a 34% tuto možnost považuje za nedůležitou (graf č. 7). Výhody kladně odpovídající spatřují ve snadnější identifikaci foceného objektu a rychlejší orientaci ve výběru a katalogizaci fotografií.



Graf č. 7. (zdroj: autor práce)

5.4. Google Earth

Virtuální globus umožňující prohlížení povrchu země podobně jako ze satelitu je v současnosti jedním z nejoblíbenějších programů tohoto typu, což uvádí i dotazníkové šetření, které bylo provedené výhradně pro tuto práci. Uvedená informace potvrzuje hypotézu, že možnost zanesení podrobnějších informací o místě vzniku fotografie (souřadnice, směr fotografování apod.) je přínosem nejen pro odbornou, ale i laickou veřejnost. Dotazníkové šetření i názor autora této práce vede k domněnce potřeby rozšíření a zdokonalení možností aplikace Google Earth.

5.4.1. Současný stav

Google Earth nabízí uživatelům možnost prohlédnout si fotografie míst, které byly v minulosti do aplikace vloženy jinými uživateli. Za podmínek určených provozovatelem je fotografie načtena do aplikace a umístěna na odpovídající souřadnice globusu, které byly jako příslušný geotag zadány do metadat fotografie. Při otevření aplikace Google Earth a přiblížení konkrétní (hledané) lokality se na určitých souřadnicích zobrazí čtvercové ikonky, které označují místa, kam byly vloženy fotografie. Po kliknutí na ikonku se zobrazí fotografie a popis místa zadaný uživatelem, který fotografii vytvořil. Program Panoramia, prostřednictvím něhož se fotografie prezentují, zde plní také funkci prohlížeče ostatních autorových děl a můžeme najít i řadu dalších doprovodných údajů (například počet fotografií, datum jejich uložení apod.). Prostřednictvím programu Panoramia se do Google Earth dají fotografie vkládat (samozřejmě je schvalovací proces administrátora programu). Nedostatkem aplikace však bývá nepřesnost vložených informací. Nejenže může mít fotografie nepřesné zeměpisné souřadnice, tj. neidentické s místem vzniku, ale uživatelé mají tendenci používat příliš obecné, nevypovídající až irelevantní informace o vyfotografovaném objektu. O identifikaci a lokalizaci fotografie nevypovídá ani konkrétně umístěná čtvercová ikonka.



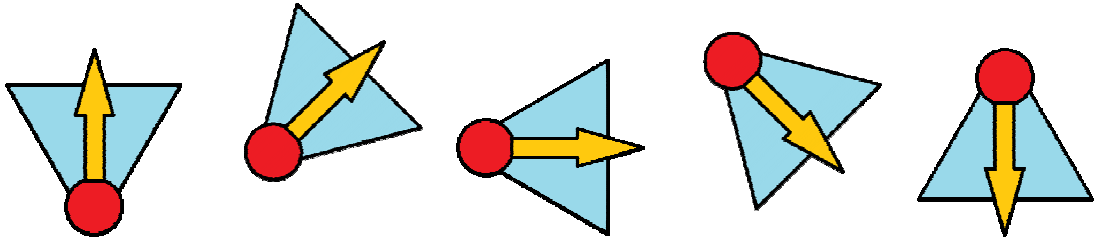
Obrázek č. 25 - Ukázka nepřehlednosti čtvercových ikoněk. (zdroj: autor práce)

Pokud tedy uživatel hledá konkrétní pohled na konkrétní místo, je tak nucen projít zdlouhavým procesem, který lze nazvat „pokus-omyl“, aby požadovanou fotografii našel. Uživatel například hledá fotografii architektonické památky, jež je umístěna na břehu moře a přesto, že zná lokalizaci místa, je nucen otevřít řadu dalších ikoněk, které sice skrývají fotografie na tomto místě pořízené, ale směřují do vodní plochy a nikoli na pevninu, tj. směrem hledaného objektu.

5.4.2. Navrhované zlepšení

Díky neustále se rozšiřující nabídce fotografických přístrojů s integrovaným GPS přijímačem a GPS loggerů i díky jejich cenové dostupnosti se předpokládá, že data geotagu budou spolu se zlepšováním uživatelských znalostí o těchto přístrojích stále přesnější. Zavedením nové funkce označující směr zobrazení lze dosáhnout upřesnění a zrychlení orientace v umístěných fotografiích. Zdánlivě drobná změna, odražená ve tvaru ikonky, může tedy uživateli hledání v mapách velmi usnadnit. Pro fotografie obsahující ve svých metadatech i azimut směru fotografování by měla být použita např. ikona ve tvaru trojúhelníku s jedním označeným vrcholem. Takto označený vrchol by byl umístěn v místě zeměpisných souřadnic zapsaných v geotagu a výseč trojúhelníku by směřovala směrem (azimut zapsaný do EXIF), kterým byla fotografie pořízena. Pro přehlednost a na základě

možné odchylky v měření by byl směr určený pouze přibližně, a to v osmi základních směrech: 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° . Žlutá šipka slouží pro lepší viditelnost ikony na mapovém podkladu a naznačuje osu směru fotografování.



Obrázek č. 26 - Ukázka ikonek pro určení směru záběru (0° , 45° , 90° , 135° , 180°). (zdroj: autor práce)

U fotografií, které nemají ve svých metadatech zapsaný azimut směru fotografování, a nedá se tedy určit, kterým směrem byla fotografie pořízena, by pro odlišení nadále byla použita stávající čtvercová ikona.



Obrázek č. 27 - Ukázka ikonek pro určení směru záběru na mapovém podkladu. (zdroj: autor práce)

Jak z dotazování autora práce vyplynulo, 77% respondentů navštěvuje Google Earth, aby si před cestou na dané místo prohlédlo, a to jak na mapě, tak na fotografiích do globu

vložených jinými uživateli. Ikonky s naznačením směru fotografie jsou dalším uživatelským rozhráním, které umožní uživateli mnohem lepší možnost vyhledat ty informace, kvůli kterým Google Earth navštívil.

Přehlednost a uživatelský komfort lze zajistit možností přepínat mezi jednotlivým zobrazením, kde jsou fotografie na mapě umístěny. Zobrazením pouze těch ikonek, které označují fotografie s uvedeným směrem fotografování (azimutem v metadatech), získá uživatel lepší přehled a vyšší pravděpodobnost, že se dostane k informacím, které hledá.

6. Přínosy a nedostatky propojení

6.1. Přínosy

Fotografie jako prostředek technické dokumentace musí mít jednoznačné určení místa a času vzniku, jinak se její vypovídací hodnota značně snižuje! Takovéto určení lze provést popisem kde, kdy a jak fotografie vznikla a co je na fotografii vidět. Mnohem snadnější a rychlejší je ovšem zapsání těchto údajů do metadat fotografie automaticky. Pro zápis dat o datech (metadat) se používá standard EXIF. Díky tomu, že tento standard je značně rozšířený a přijali ho všichni výrobci fotoaparátů, ukládající fotografie do souborů JPG (JPEG), je možno s metadaty následně pracovat. Využitím metadat mohou vznikat různé aplikace, které fotografie třídí a katalogizují např. podle data vzniku.

Zápisem zeměpisných souřadnic do EXIF (tzv. geotagging) dostaly fotografie další vypovídací schopnost, a to, kde byly pořízeny. Promítnutím takto „otagovaných“ fotografií do mapového podkladu uživatel vidí přesné místo, odkud se fotografovalo s přesností, kterou umožňují dnešní GPS přijímače v uživatelském pásmu L1 tj. 5-10m. (V praxi lze dosáhnout přesnosti >1m). Při dodatečném tzv. vizuálním geotaggingu a patřičném přiblížení mapového podkladu přepnutého do zobrazení fotomapy (letecké či satelitní snímky) lze dosáhnout přesnosti v řádu desítek cm.

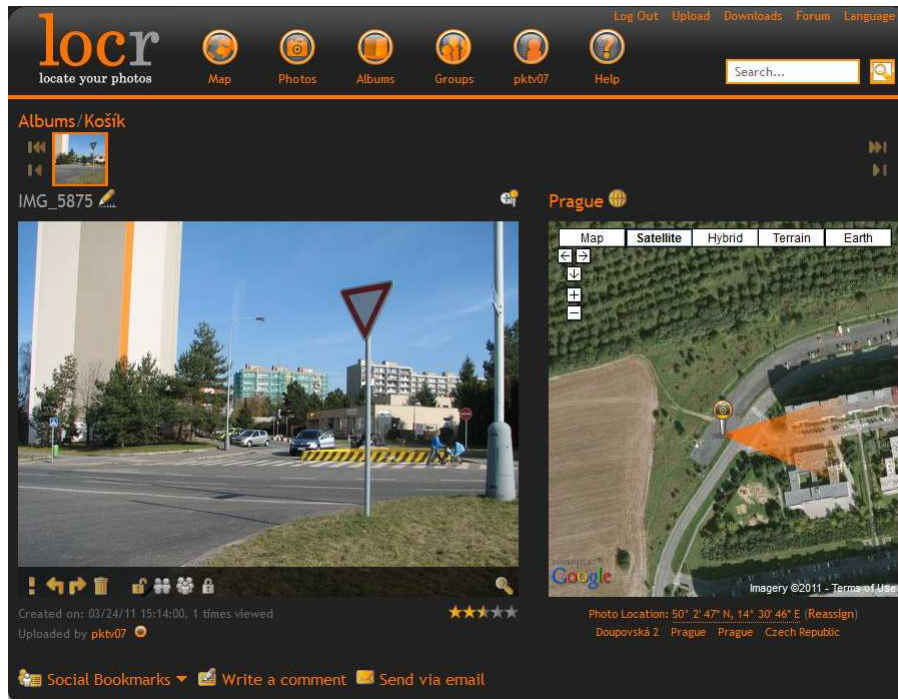
Přidáním dalšího údaje – azimutu, tj. směru fotografování, je fotografie „přesně“ identifikována! Je patrné nejen odkud, ale i co se fotografovalo.

Dokumentace objektů s možností určit přesně odkud se fotografovalo, jako jednoznačné určení tohoto místa podle zeměpisných souřadnic, a co se fotografovalo podle azimutu, je neocenitelným pomocníkem v oborech lidské činnosti, které takovéto fotografie využívají. Ve stavebnictví, archeologii, geologii, ochraně přírody a životního prostředí, botanice, při dokumentaci památek, ale i v dalších oborech je možné využít geotagging se zobrazením azimutu a vypočítaným úhlem záběru. Dostupnost potřebného zařízení a jeho relativně nízká cena nahrává tomu, aby se potřebný hardware rozšířil jak mezi profesionály v daných vědních oborech, tak mezi amatérské zájemce.

Výhody geotaggingu objevila již i laická veřejnost, která plní svými „otagovanými“ fotografiemi různé k tomuto účelu založené webové servery. Při cestě na dovolenou si pak

můžeme prohlédnout fotografie místa, kam se chystáme a připravit si třeba jakýsi itinerář cesty podle fotografií pořízených na daném místě předchozími návštěvníky.

Výhody geotaggingu spojené s určením směru a výpočtem úhlu záběru se pokouší svým uživatelům nabídnout služba locr.com.



Obrázek č. 28 - Ukázka zobrazeného úhlu záběru na locr.com. (zdroj: autor práce)

V blízké době se očekává spuštění satelitního systému určování polohy Galileo (systém Galileo je zpětně kompatibilní s GPS), kde se předpokládá dosahovaná přesnost v horizontálním směru menší než 4m. Tato přesnost umožní vyvíjet další aplikace a hledat nová uplatnění pro propojení digitální fotografie s technologií pro přesné určování polohy pomocí satelitu.

6.2. Nedostatky

Tak jako každá mince má svůj rub a líc, tak i geotagging, a to včetně rozšíření o určení směru fotografie spolu s úhlem záběru, má dvě strany.

Na negativní straně také stojí zatím poměrně malá nabídka výrobců kvalitních fotoaparátů s vestavěným GPS přijímačem nebo dokonce i s digitálním kompasem.

Pravdou je, že dnes každý mobilní telefon střední třídy má GPS i fotoaparát, ale to je jiná kategorie a o kvalitě fotografií pořízených těmito přístroji by se dalo dlouze polemizovat.

Je i pravdou, že dostupnost tzv. GPS loggerů s cenami od 1tis. Kč nahrává zájemcům o geotagging si takový hardware zakoupit a při focení v exteriéru pořizovat záznam trasy (log). Tento záznam pak při zpracování fotografií uživatel sesynchronizuje s časem zhotovení fotografií uvedeným v EXIF a nechá zeměpisné souřadnice dodatečně do EXIF zapsat. Je to ale činnost, kterou každý uživatel neovládne či není ochoten provádět.

Geotagging je určen pro fotografie pořízené v exteriéru a s tím je spojen i další nedostatek – výdrž baterií. Pokud se jedná o fotoaparát s vestavěnou GPS popřípadě GPS a elektronickým kompasem, může mít odběr proudu, který je zapotřebí pro chod vestavěné GPS, fatální následky na množství pořízených fotografií. Zklamání fotografa, který se škrábe na horský vrchol, aby zde pořídil dokonalé záběry, nebude brát konce, až mu dojdou baterie jen proto, že cestou jeho vestavěná GPS poctivě hledala družice a do EXIF zapisovala zeměpisné souřadnice všech jeho snímků. Pro účely cestovatelů nebo vícedenních pobytů mimo možnost dát nabít baterie ve fotoaparátu se pro geotagging tedy spíše hodí přídavný GPS logger, kde jeho vyřazení z provozu vlivem vybití baterie neomezí fotografa v pořizování fotografií, ale odkáže ho pouze na dodatečný geotagging.

Dodatečný tzv. vizuální geotagging, kdy se jednotlivé snímky umísťují do mapy, je časově velmi náročný. Umístit do mapy několik set fotografií, které si dnes uživatel i díky takřka neomezeným kapacitám paměťových karet přiváží z dovolené, je velmi zdlouhavý proces, který k rozšíření geotaggingu nepřispívá.

Na straně rubu geotaggingu je i problém zneužitelnosti! Například zloděj aut jistě „ocení“ když mu jeho tipař zašle fotografii auta, které má ukrást, i s přesným místem, kde se auto právě nachází. Ve městě je situace jednodušší. Informace, že auto stojí před domem konkrétní adresy, je poměrně přesně určující. Jak ale zloděj uvítá, když fotografii s geotagem dostane od houbařícího tipaře, který inkriminovaný vůz viděl stát na nějaké lesní cestě.

Velké možnosti zneužití skýtají mobilní telefony s integrovaným GPS. IT analytik Jan Lodl z Časopisu Chip upozorňuje na skutečnost, že si lidé často neuvědomují, jak citlivá data mobilní telefony mnohdy ukrývají a právě propojení se systémem GPS umožní zloději telefonu získat tyto čistě privátní informace. V běžném životě bychom si měli

uvědomit, jaké nebezpečí hrozí při otevřenosti ve sdělování soukromých dat prostřednictvím sociálních sítí (například informace o tom, že jsme na dovolené).

Daleko vážnější je ale možnost zneužití v oblasti terorizmu nebo při vojenských operacích. Tohoto problému si je vědomo i velení v Pentagonu, jak uvádí článek na idnes.cz:

„Nový nepřítel Pentagonu. Chytré mobily vojáků v bojových operacích

Celodenní mise kdesi uprostřed Afghánistánu končí. Talibanci se rozprchli, vesnice je čistá. Ještě společná fotka se spolubojovníky před nově vybudovaným opevněním na kopci hned za zatáčkou a šup s ní na internet. Zcela běžná situace a na první pohled ničím zvláštní. S mobilními telefony fotografují a natáčejí krátká videa miliony lidí, včetně vojáků v bojových operacích. Technika navíc pokročila tak daleko, že snímky lze rovnou z telefonu prakticky okamžitě vystavit na internetu, třeba v profilech tolik oblíbených sociálních sítí typu Facebook... Jenže se ukazuje, že právě technický pokrok v podobě chytrých mobilních telefonů může zvláště v boji spíše uškodit. Právě chytré mobily v rukou vojáků v misích se staly trnem v oku americkému ministerstvu obrany. Valná většina těchto přístrojů má totiž v sobě zabudovanou GPS navigaci a při fotografování mobil k snímku kromě celé řady informací o expozici, času nebo autorovi uloží také přesné zeměpisné souřadnice, takzvaný geotag nebo geocode, kde byl obrázek pořízen. S následným vystavením na internetu, kde si snímky mohou prohlédnout doslova všichni, je rázem na světě bezpečnostní problém. Pokaždé, když budete takový obrázek nebo natočené video sdílet se svými přáteli, předáte i souřadnice, kde jste ho pořídili. Když je pošlete na Facebook nebo Picasa, svět získá přístup na místa, kde jste ty záběry udělali, Něco tak jednoduchého a nevinného, jako nahrání fotky z palandy v táboře uprostřed Afghánistánu na Flickr nebo jiný server pak může ohrozit celou jednotku i další operace.“^[25]

7. Závěr

Fotografie je v dnešním technickém světě jedním z důležitých informačních zdrojů. Existují např. poměrně dokonalé algoritmy pro rozpoznávání obličejů, které s úspěchem využívá policie. Jsou pokusy s vyhledáváním obrazově podobných fotografií na internetu. Na fotografii a její vypovídací schopnost se spoléhá stále více oborů lidské činnosti. Fotografie dokáže říct velmi často o daném objektu mnohem víc než několika stránkový popis.

Cílem této diplomové práce bylo demonstrovat možnosti propojení digitální fotografie s technologií GPS. Na základě analýz a empirického výzkumu bylo zjištěno, že i při použití běžně dostupných hardwarových a softwarových prostředků, je možné dosáhnout dostatečné přesnosti v určení místa a směru fotografie, potřebné pro praktickou využitelnost tohoto propojení.

Propojení digitální fotografie s technologií GPS nám dává do rukou mocný nástroj, který můžeme využít ve svůj prospěch a získat tak informace, které bychom jinak získávali jen velmi obtížně nebo vůbec. Propojení s sebou zároveň přináší i určitá rizika zneužitelnosti, která jsou zapotřebí mít při využívání této technologie na zřeteli.

S rozšířením nabídky výrobců hardwaru (fotoaparátů, GPS přijímačů, loggerů atd.) dojde postupem času k většímu rozšíření těchto zařízení mezi uživatele a tím i k větší popularitě geotaggingu. Současné zdokonalování obou technologií, tj. jak digitální fotografie, tak satelitního polohovacího systému, umožní vznik dalšímu využití pro vědeckou i laickou veřejnost.

S rozvojem rychlých mobilních sítí jistě přijdou výrobci elektroniky s tím, že bude možné fotoaparátem pořízený snímek rovnou odesílat po síti na některé z četných webových úložišť. Během pár vteřin tak tuto fotografii bude mít k dispozici každý, kdo k ní bude mít autorem nastavena přístupová práva. Fotografie bude mít ve svých metadatech informace o poloze pořízení, směru fotografování a další údaje. Vyhledávat, katalogizovat, filtrovat a zveřejňovat takovéto fotografie pak bude velice snadné. Vzniknou tak jistě nové informační a komunikační služby, které tuto možnost budou využívat.

Propojení digitální fotografie s technologií GPS nepochybně přináší do fotografování nové možnosti. Zároveň je výzvou pro vývoj dalších aplikací a technologií.

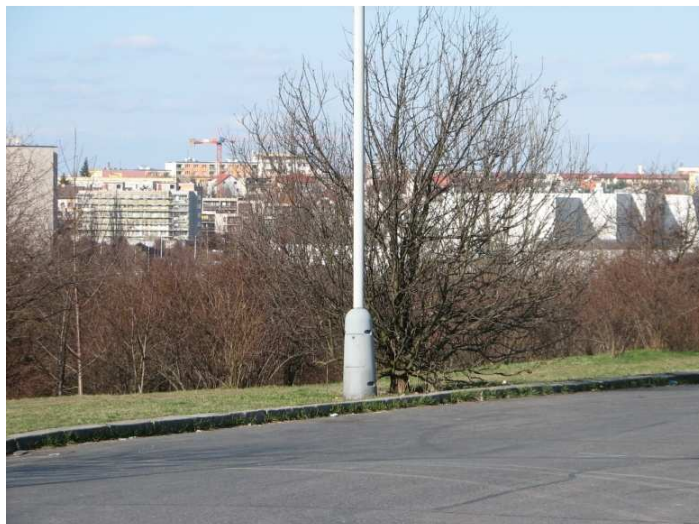
8. Seznam použitých zdrojů

1. KING, J. A.: *Fotografujte profesionálně! techniky digitální fotografie*, Grada Publishing, a.s., ISBN 80-247-0998-8
2. ČERNÝ, J., STEINER, I.: *GPS od A do Z*, Picodas, ISBN 80-239-7516-1
3. KRISTIÁN, P.: *Zoner Photo Studio 11*, Zoner Press, ISBN 978-80-7413-012-0
4. FotoReporter.cz: *První digitální fotoaparát na světě* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://www.fotoreporter.cz/report/252-prvni-digitalni-fotoaparar-na-svete-canon-rc.html>
5. ProfiFOTO: *Úvod do digitální fotografie* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: http://www.prolifoto.cz/produkty/sinar/digital_uvod.html
6. Svět Fotografie: *Fotografie... a její dějiny* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://www.nash.cz/svet/dejiny/1826.html>
7. PIHAN, Roman: *Objektivy, jak vybrat a používat - 2. Potíže objektivů* [online]. Poslední revize 19.1.2006 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: http://www.fotografovani.cz/art/tech_vybirame_jak/rom_lenses2.html
8. Technet.cz: *Víme, proč máte na fotkách ošklivý šum. Jak pracuje snímací čip v digitálu* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/vime-proc-mate-na-fotkach-osklivy-sum-jak-pracuje-snimaci-cip-v-digitalu-1ni-/tec_foto.asp?c=A070625_094646_tec_foto_jlb
9. KADLEC, Ota: *Historie digitální fotografie* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2004/xkadlec2.htm>
10. Wikipedie-Otevřená encyklopedie: *CCD, Fotografie* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/CCD>
11. FILIPI, David: *K čemu slouží obrazový procesor?* [online]. Poslední revize 26.09.2005 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: http://www.fotografovani.cz/art/fotech_df/obrazovy-procesor.html?vote=on&value=2
12. Olympus.cz: *Obrazový procesor: Rychlost a kvalita* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: www.megapixel.cz/olympus-e-410-dz-kit?downloadfile=image-processing-engine-cz-00-press-11.pdf
13. DAHA, Peters: *Global Positioning System Overview* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>
14. BERIL-EXIM s.r.o.: *Co je GPS? - Charakteristika GPS* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://gps.beril.cz/co-je-gps-charakteristika-gps.html>
15. HARVEY, Phil.: *ExifTool* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/TagNames/GPS.html>
16. Kosmo.cz: [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://www.kosmo.cz/modules.php?op=modload&name=XForum&file=viewthread&tid=1322&pid=62250>
17. Honeywel: *Magnetic senzor* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z: <http://www.magneticsensors.com/>

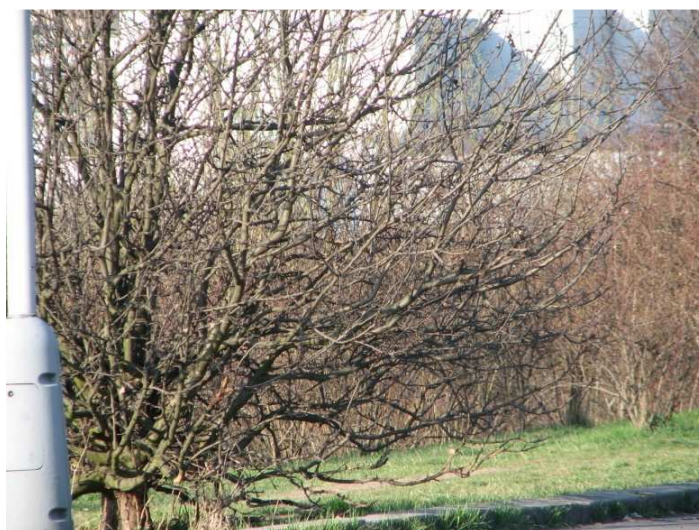
18. GeoRSS.org: [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupné z:
<http://www.georss.org/simple>
19. NĚMEC, Luboš.: *GeoSetter 3.0.1: bezplatný geotagging fotografií v češtině* [online].
Poslední revize 04.03.2009 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z:
http://www.fotografovani.cz/art/forec_soft/geosetter30.html
20. NĚMEC, Luboš.: *Pictomio 1.2: luxusní prohlížení a geotagging fotografií zdarma* [online].
Poslední revize 20.04.2009 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z:
http://www.fotografovani.cz/art/nov_soft/pictomio12.html
21. NĚMEC, Luboš.: *Google Picasa 3.8: aktualizace bezplatného správce digitálních fotografií*
[online]. Poslední revize 03.06.2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z:
http://www.fotografovani.cz/art/nov_soft/picasa_38.html
22. LUTOVSKÝ, Marek.: *Panoramio: s fotkami rychle na mapu a do Google Earth* [online].
Poslední revize 25.06.2007 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z:
<http://navigovat.mobilmmania.cz/clanky/panoramio-s-fotkami-rychle-na-mapu-a-do-google-earth/sc-265-a-1313364>
23. ŠÁFNY, Martin.: ÚVTMU Zpravodaj: *Nástroje Google. 4. Google Maps* [online]. Poslední
revize 17.03.2011 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z:
<http://www.ics.muni.cz/zpravodaj/articles/616.html>
24. CHLAD, Karel.: *Soubor obrazových doplňků pro výuku fyziky* [online]. [cit. 2011-04-01].
Dostupné z:
http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Tesar/diplomky/obr_dopl_optika/
25. SVĚTNIČKA, Lubomír.: *Idnes: Nový nepřítel Pentagonu. Chytré mobily vojáků v bojových
operacích* [online]. Poslední revize 18. 01. 2011 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z:
http://zpravy.idnes.cz/novy-nepritel-pentagonu-chytre-mobily-vojaku-v-bojovych-operacich-1fz-zpr_nato.asp?c=A110118_174514_zpr_nato_inc

9. Přílohy

Příloha I



Referenční fotografie pozice 2



Fotografie výzkumu (12x zoom)



Fotografie výzkumu (12x zoom)



Referenční fotografie pozice 3



Fotografie výzkumu (12x zoom)



Fotografie výzkumu (12x zoom)



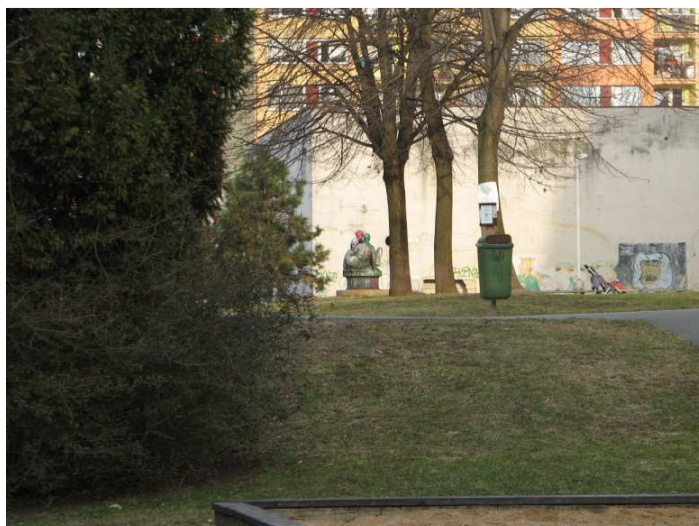
Referenční fotografie pozice 4



Fotografie výzkumu (12x zoom)



Fotografie výzkumu (12x zoom)



Referenční fotografie pozice 5



Fotografie výzkumu (12x zoom)



Fotografie výzkumu (12x zoom)