

THE DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR RANGE CHANNEL OF THE PASSIVE-OPTOELECTRONIC RANGEFINDER

V. Čech¹, J. Jevický²

Summary: *The paper follows-up our papers which were published in IM 2004, IM2005 and IM 2006 proceedings. We deal in this contribution with properties of the range channel of the passive optoelectronic rangefinder, especially with problems of recognition of the point image position that represents the target image in the pair of stereoscopic shots under the use of the basic algorithm for the target recognition.*

1. Úvod

Senzorický systém na bázi pasivního optoelektronického dálkoměru (POED) – dále SS POED – je jedním ze senzorických systémů, které mohou být používány v mechatronických systémech. SS POED umožňuje získávat informace o poloze jednotlivých objektů v pozorované scéně a to jak vůči SS POED, tak i navzájem. Dalším zpracováním těchto informací je možno dosáhnout tzv. vnímání hloubky scény (depth perception).

SS POED se skládá z části měřicí a části vyhodnocovací. Měřicí část SS POED se obecně skládá z kanálu dálky (systému rozpoznávání objektů a měření dálky k nim) a z kanálu směru (systému zamířování a sledování cíle – vybraného objektu). V našem příspěvku se zabýváme problematikou spojenou s činností kanálu dálky.

Pasivní optoelektronický dálkoměr (POED) využívá ke své činnosti tentýž princip měření dálek, jaký je využíván v optickomechanických dálkoměrech. Vychází se tedy z měření vybraných parametrů tzv. dálkoměrného trojúhelníku, který leží v tzv. triangulační rovině. Následně s využitím vztahů platných mezi parametry dálkoměrného trojúhelníku je vypočten odhad dálky cíle (D_M).

POED patří mezi tzv. monostatické dálkoměry, které pracují s velmi protáhlým dálkoměrným trojúhelníkem. Ten je orientován tak, že jeho tzv. báze (b) je vytvářena ve vlastním dálkoměru (obr. 1) a jeho protější vrchol splývá s cílem T, přičemž odpovídající vrcholový úhel g , tzv. paralaktický úhel, je nepřímo úměrný měřené skutečné vzdálenosti cíle (D_0). Báze monostatického dálkoměru je konstantní ($b = konst$) a představuje jeden z konstrukčních parametrů. Je to vzdálenost mezi dvěma body ležícími na optických osách větví monostatického dálkoměru (kamera 1 a 2). Dalším konstrukčním parametrem je obrazová ohnisková vzdálenost objektivu f' digitální kamery. Optické osy zaměřovací a měřicí větve svírají mezi sebou v triangulační rovině úhel a , který je třetí konstrukční

¹ Doc. Ing. Vladimír Čech, CSc., OPROX, a.s., Renneská 35, 639 00 Brno, e-mail: cech.vladimir@post.cz

² Doc. RNDr. Jiří Jevický, CSc., Univerzita obrany v Brně, Kounicova 65, 612 00 Brno, e-mail: jiri.jevicky@unob.cz

charakteristikou monostatického dálkoměru. Tento úhel je obvykle velmi malý, řádově se jedná o jednotky až desítky miliradiánů (na obr. 1 je $\alpha = 0 \text{ mrad}$).

Je-li cíl spolehlivě automaticky rozpoznáván, lze vyhodnocovat odhady (změřená délka cíle D_M) skutečné délky cíle D_0 . V prvním přiblížení lze použít vztah [1]

$$D_M \cong \frac{D_{RF1}}{C_{ORF} + \Delta c_T} \quad \Delta c_T = c_{T1} - c_{T2} \quad , \quad (1)$$

kde $D_{RF1} = \frac{b \cdot f_a}{\rho(c)}$ je tzv. *přístrojová konstanta* resp. *mohutnost dálkoměru*, která určuje jeho

přesnost (b – (stereoskopická) báze dálkoměru, f_a – absolutní hodnota obrazové ohniskové vzdálenosti objektivů digitálních kamer, $\rho(c)$ – charakteristický rozměr pixelu maticového detektoru). K simulačním výpočtům byla použita hodnota $D_{RF1} = 5770m$.

$C_{ORF} \cong (D_{RF1} / D_\alpha) + \Delta c_{021}$ je konstanta daná konstrukčním uspořádáním systému.

$D_\alpha = b / tg\alpha$ je délka ve které se průměty do triangulační roviny optických os kamer protínají. $\Delta c_{021} = c_{02} - c_{01}$, přičemž (c_{01} , c_{02}) jsou pořadová čísla sloupců maticových detektorů zaměřovací (master) a měřící (slave) kamer do kterých se promítají optické osy jejich objektivů (obr. 5). V prvním přiblížení je $C_{ORF} \approx 0$.

(c_{T1} , c_{T2}) jsou pořadová čísla sloupců maticových detektorů zaměřovací (master) a měřící (slave) kamer do kterých se promítá obraz (T'_1 resp. T'_2) bodu T, který reprezentuje cíl. V důsledku turbulence atmosféry, systematických a náhodných chyb při rozpoznávání polohy bodů T'_1 resp. T'_2 jsou hodnoty (c_{T1} , c_{T2}), $i = 1, 2, \dots, n$ pouze odhady přesných hodnot.

2. Model cíle

Vlastnosti použitých algoritmů pro rozpoznávání cíle a odhad velikosti Δc_T závisejí na optických vlastnostech cíle a jeho bezprostředního okolí.

První sledovanou vlastností je *pozorovaný* kontrast cíle vůči jeho bezprostřednímu pozadí (a popředí). Obvykle se používá Weberův vztah [1, 3]

$$K' = 1 - \frac{\min(L'_T, L'_B)}{\max(L'_T, L'_B)}, \quad K' \in \langle 0, 1 \rangle, \quad (2)$$

kde L'_T , L'_B je *pozorovaný* jas cíle resp. jeho blízkého okolí [cd/m^2]. Je-li pozorovaný kontrast velký $K' \approx 1$, lze s výhodou použít algoritmy založené na prahování [4]. V praxi jsou obvyklejší případy odpovídající minimálním hodnotám pozorovaného kontrastu ($K' \approx 0$) a těmi se v našem výzkumu zabýváme.

Druhou vlastností je pozorovaná úhlová velikost cíle. Extrémním případem je cíl promítající se právě na jeden pixel („hvězda“). V našem výzkumu se zabýváme situacemi, ve kterých lze *spolehlivě identifikovat cíl* (obr. 2). To znamená, že pro *minimální* charakteristický rozměr cíle $2A_T$ je splněna podmínka [4, 1]

$$N_{AT} \geq N_{min} , \quad (3)$$

kde

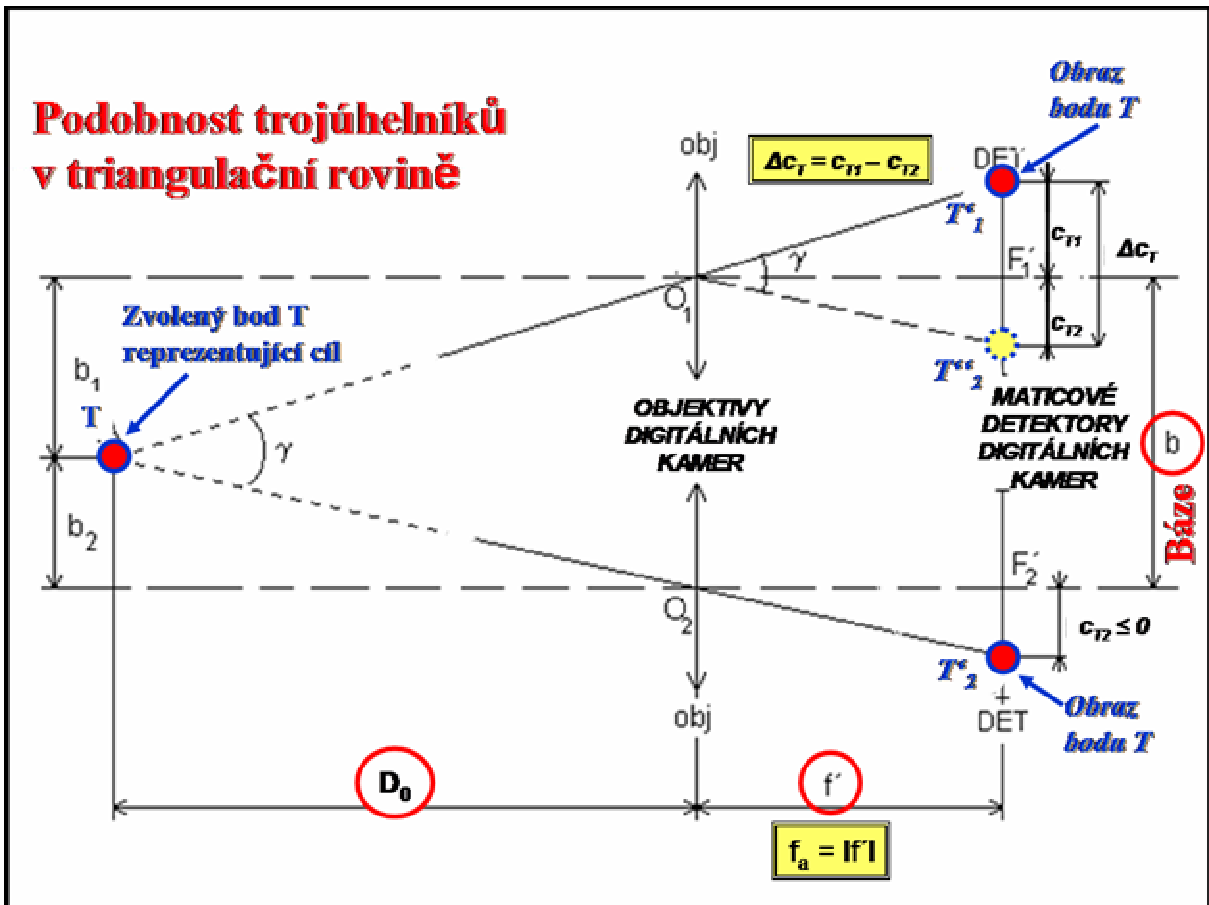
$$N_{AT} = \frac{2 \cdot f_N}{f_{AT}} , \quad (4)$$

$f_{AT} = D_0 / (2A_T)$ je charakteristická úhlová prostorová frekvence cíle [perioda/rad],

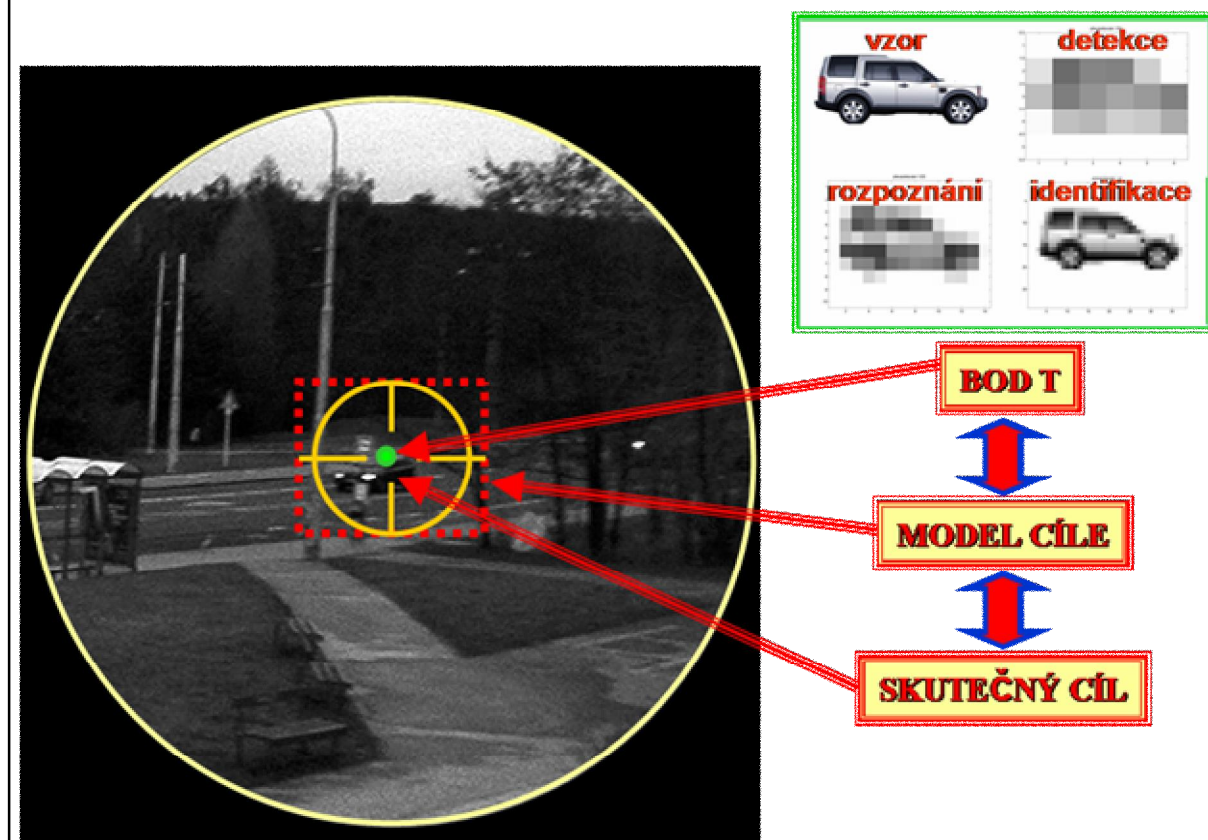
$f_N = f_a / (2\rho)$ je Nyquistova mezní úhlová frekvence a ρ je charakteristický rozměr pixelu,

$N_{min} > 8$ podle Johnsonova kritéria pro *identifikaci* objektu s pravděpodobností větší jak 50%. To znamená, že objekt musí pokrývat nejméně 64 pixelů. Na základě tohoto požadavku se volí velikost obrazové ohniskové vzdálenosti f_a a tudíž i typ objektivu. Je výhodné používat kvalitní zoom (transfokátor, pankratický objektiv) vzhledem k poměrně rozsáhlému intervalu měřených dálek cíle $D_0 \hat{=} \hat{=} D_{0min}, D_{0max}$ s požadovanou přesností.

Výchozí situaci procesu vyhledávání a sledování cíle lze charakterizovat následovně. Operátor má pouze všeobecnou informaci o tom, že v daném prostoru se může nacházet



PRVNÍ DEFINICE MODELU CÍLE OPERÁTOREM

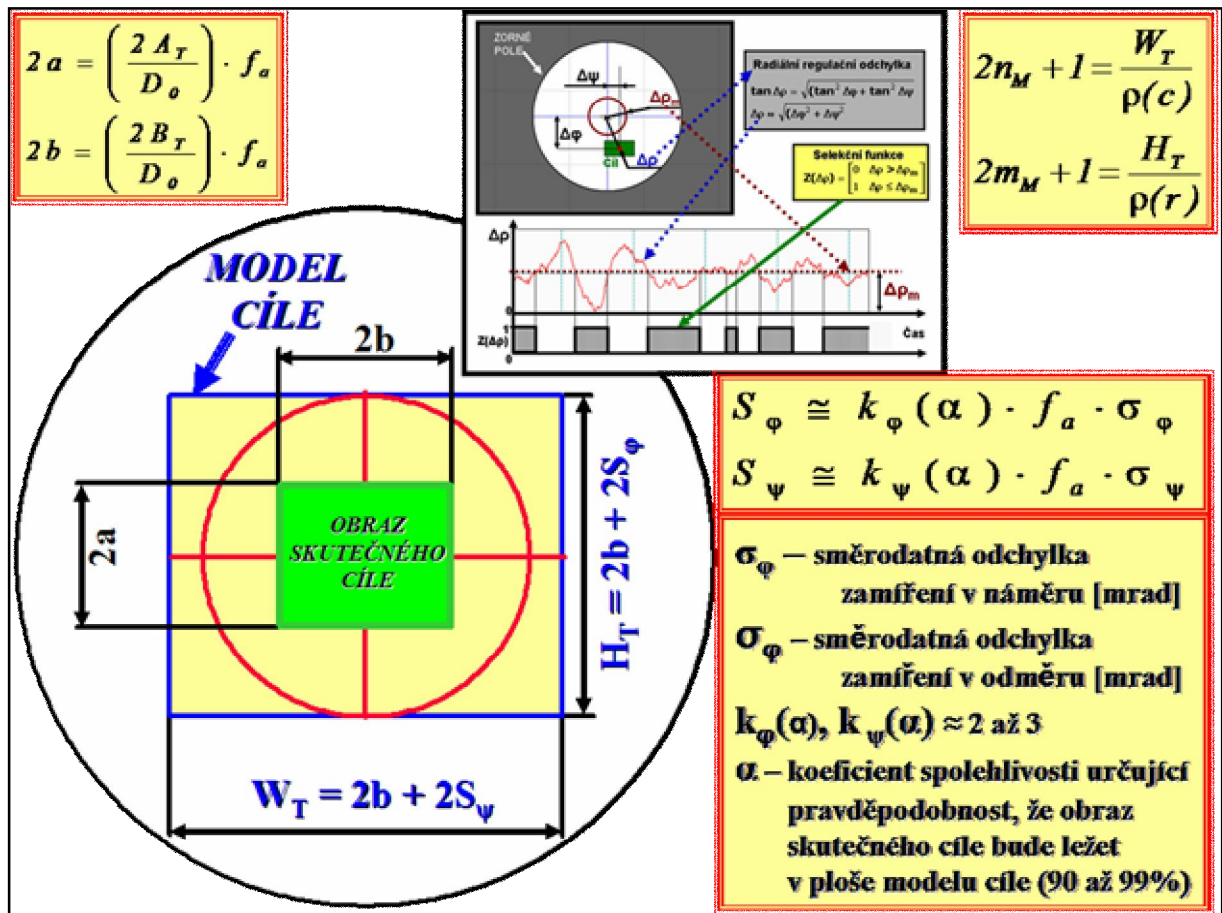


Obrázek 2 Identifikace cíle a definice jeho prvního modelu (obdélník)

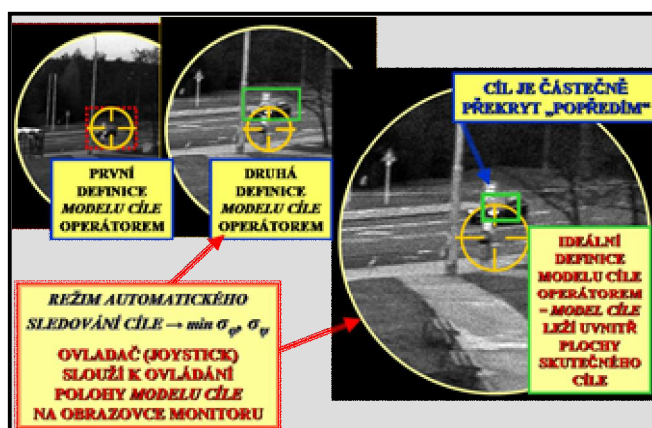
potenciálně zajímavý objekt – budoucí cíl např. osoba, technické zařízení apod. Bližší popis objektu mu chybí. Operátor má tedy velmi neurčitou informaci o tom, co má vyhledávat. V rámci komunikace s dalšími osobami mu může být informace postupně zpřesňována, nebo mu může někdo objekt – cíl i ukázat.

Obvykle tedy v první fázi operátor, i za pomoci dalších osob, vyhledává *blíže neurčený objekt v zájmovém prostoru* a to, jak prostým zrakem, tak i s využitím pomůcek např. dalekohledu a také i pomocí SS POED, který pracuje v režimu „vyhledávání“, ve kterém jsou zorné úhly kamer dostatečně velké (ideálně cca 40° až 50°).

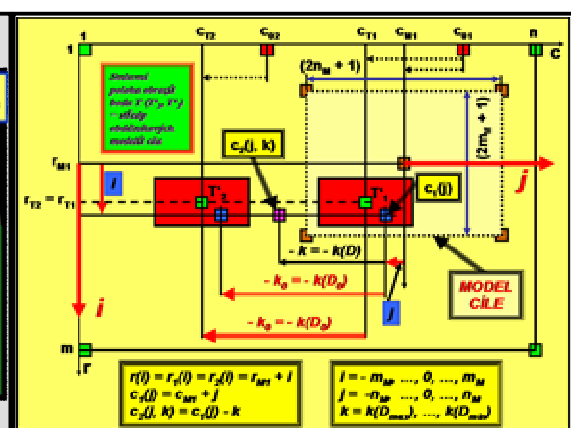
Jakmile je *identifikován* a lokalizován cíl, je první fáze ukončena a je zahájena fáze druhá ve které operátor vytvoří *první odhad modelu cíle* na monitoru a to z obrazu poskytovaného zaměřovací kamerou (master) a předá jej počítači. Rozměry prvního odhadu modelu cíle musí být dostatečně velké, aby při chybách zaměřování odpovídajících dané situaci a charakterizovaných směrodatnými odchylkami zamíření v náměru σ_φ a v odměru σ_ψ , mohl operátor spolehlivě umístit skutečný cíl do plochy modelu cíle (obr. 3). Jakmile se domnívá, že toho v procesu zamíření a sledování cíle dosáhl, stiskne příslušné tlačítko a tím předá model cíle k užití algoritmům pro automatické sledování cíle a měření jeho délky.



Obrázek 3 Pravidla pro řízení velikosti modelu cíle



Obrázek 4 Postupné zpřesňování modelu cíle



Obrázek 5 Souřadné soustavy na maticových detektorech zaměřovací (master – „1“) a měřící (slave – „2“) kamery

Ve třetí fázi je poloha cíle a jeho dálka vyhodnocována automaticky. Operátor se snaží zmenšit rozměry modelu cíle a umístit jej znovu na cíl. V případě úspěchu stiskne příslušné tlačítko a systém začíná používat nový model cíle. Celý proces je podporován automatickou stabilizací polohy optických os kamer a případně i doplňkovou stabilizací obrazu na monitoru operátora. Operátor může ukončit tento proces, jakmile model cíle obsahuje pouze pixely na kterých je zobrazena část plochy obrazu skutečného cíle. Komplikací jsou předměty nacházející se před cílem a jež jsou špatně viditelné např. větve keřů a stromů, tráva, ale i zvířený prach (obr. 2, 4). Operátor následně kontroluje automaticky probíhající proces a vstupuje do něho v případě zmizení cíle za překážkou na delší dobu. V případě, že jsou využívány informace o extrapolované budoucí poloze cíle, kratší zmizení cíle může automatický systém kompenzovat sám. Úroveň schopnosti algoritmu se učít bude určovat zda bude muset operátor zasahovat v případě natočení cíle do výrazně jiné polohy vůči POED.

Předchozí výklad byl veden za předpokladu, že proces probíhá ON-line a cíl i nosič POED se pohybují. Pro řadu speciálních situací lze vytvořit specializované algoritmy. V takovém případě je nutno vzít v úvahu, zda vyhodnocování dálky probíhá v režimu OFF- nebo ON-line. Zda se nosič POED pohybuje v prostoru a jakým způsobem. V případě, že se nosič nepohybuje, je vhodné rozlišovat situace, kdy kamery snímají stále stejný úsek terénu a naopak, kdy je nutno sledovat pohybující se cíl resp. přenášet pozornost na jiný cíl nastavováním náměru a odměru na Cardanově závěsu na němž je umístěna minimálně báze dálkoměru s kamerami a tudíž se pozadí (terén) mění velmi výrazně. Konečně je potřeba odlišit situace za kterých se cíl na určitou dobu ukrývá za překážkami (mizivý cíl) a to jak neúmyslně, tak i úmyslně.

3. Program Test POED

K zjednodušení výzkumu vlastností jednotlivých variant algoritmů pro měření dálky cíle autoři příspěvku postupně vyvíjejí testovací program Test POED. V dalším popíšeme jeho první verzi určenou k testování nejjednoduššího – „neinteligentního“ algoritmu pro měření dálky. Budeme navíc předpokládat, že obě kamery jsou naprosto přesně zrektifikovány (justovány). V takovém případě lze úlohu převést na jednorozměrné hledání extrému vhodné zvoleného funkcionálu [1].

Prvním krokem v popisu algoritmu jednorozměrné extremalizace penalizačního funkcionálu je zavedení konvence v označování polohy jednotlivých pixelů. Byla použita konvence uvedená na obr. 5. Extremalizační proměnnou je k , která je v první fázi hledání extrémů penalizačního funkcionálu chápána jako celočíselná proměnná určující základní vzájemný posun pixelů v záznamech zaměřovací a měřící kamery. Ve druhé fázi extremalizace při hledání subpixelové polohy extrému je chápána jako reálná proměnná, přičemž se pro odhad dálky cíle zároveň předpokládá (vztah (1)), že platí $\Delta c_T = k_{min} = k(\text{minimum funkcionálu})$ (obr. 6, 7).

Jednorozměrná extremalizace je pojata jako analogie metody nejmenších čtverců, proto byl penalizační funkcionál zvolen v následujícím tvaru

$$S^2(k) = \sum_{i=-n_M}^{m_M} \sum_{j=-n_M}^{n_M} [w_{2ij}(k) \cdot K_{2ij}(k) - w_{1ij} \cdot K_{1ij}]^2, \quad (5)$$

kde $K_{1ij} = K_1(r_1(i), c_1(j))$ je hodnota relativního pozorovaného kontrastu na pixelech

zaměřovací kamery, přičemž základní hodnota jasu horizontu odpovídá nule (lineární transformace hodnot),

$K_{2ij}(k) = K_2(r_2(i), c_2(j, k))$ je hodnota relativního pozorovaného kontrastu na pixelech

měřící kamery a

$w_{1ij}, w_{2ij}(k)$ jsou příslušné váhové funkce, zatím jsou voleny rovné jedné.

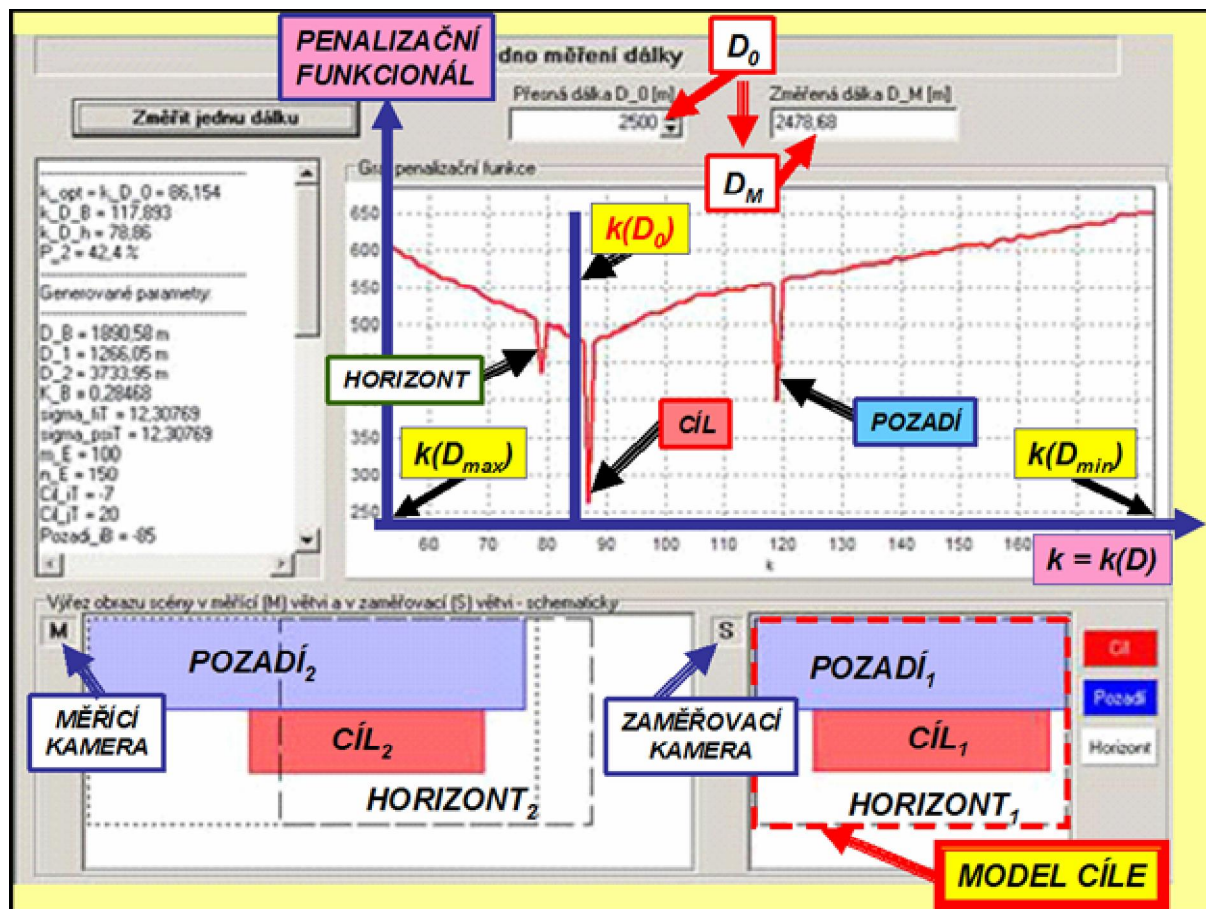
Ve scéně lze generovat libovolnou kombinaci ze tří, dvou nebo jednoho objektu – cíl (T), horizont (h), pozadí (B). Cíl a pozadí mají tvar obdélníků (obr.6, 7). Jejich poloha v zorném poli zaměřovací kamery ve vztahu k modelu cíle je generována náhodně, jak dále ještě objasníme. Jejich poloha v zorném poli měřící kamery je „posunuta“ ve směru osy c (sloupce maticového detektoru) o příslušnou stereoskopickou paralaxu.

Program pracuje ve dvou režimech a to v režimu „jednoho měření jediné dálky D_0 “ (obr. 6,7) a v režimu generace grafů (obr. 7), ve kterém jsou vyneseny závislosti výstupních veličin na dálce cíle D_0 měněné po ekvidistantních krocích. Pouze v prvním režimu je zobrazován průběh funkcionálu a vzájemná poloha cíle a pozadí.

Nyní stručně popíšeme význam vstupních parametrů (obr. 7). Vlastnosti POED jsou určeny pomocí $(b, f', a, r(c))$ a počtu sloupců n_c a řádků m_r maticových detektorů kamer. Cíl je určen konstantními rozměry $(2A_T \times 2B_T)$ – obr. 3). Pro řízení tvorby grafů se zadávají minimální D_{0min} a maximální D_{0max} dálka cíle spolu s krokem δ_{D_0} .

Každému skutečnému měření dálky cíle předchází její odhad operátorem, který na základě něho nastaví tzv. *bránu dálky* – interval dalek (D_{min}, D_{max}) , která má za účel zrychlit výpočty (hledání extrému pouze mezi $k(D_{min})$ a $k(D_{max})$ – obr. 6 a zároveň předejít vzniku hrubých chyb při měření dálky. K simulaci tohoto procesu slouží σ_{DR_0} , což je relativní hodnota směrodatné odchylky určující přesnost odhadu dálky cíle operátorem, a β , což je pravděpodobnost, že skutečná dálka D_0 bude ležet v intervalu (D_{min}, D_{max}) .

Pozadí, reprezentované obdélníkem s náhodnými rozměry $2A_B \times 2B_B$, simuluje zjednodušeně vliv okolního prostředí cíle na proces měření. Poloha středu obdélníku v modelu cíle (zaměřovací kamera) je generována z rovnoměrného rozdělení tak, aby podstatná část plochy obdélníku pozadí ležela uvnitř plochy modelu cíle. Platí $A_B = k_{BA} \cdot A_T$ a $B_B = k_{BB} \cdot B_T$, přičemž k_{BA} a k_{BB} jsou náhodná čísla z rovnoměrného rozdělení na intervalech $\langle k_{BAmin}, k_{BAmax} \rangle$ a $\langle k_{BBmin}, k_{BBmax} \rangle$. Dálka pozadí je dána vztahem $D_B = (1 + \delta_B) \cdot D_0$ a velikost δ_B je generována z rovnoměrného rozdělení $\langle \delta_{Bmin}, \delta_{Bmax} \rangle$. V režimu tvorby grafů při výpočtu jednoho bodu grafu (dálky cíle D_{0i} , $i = 1, 2, \dots$) jsou postupně vygenerovány „scény“ ve kterých má pozadí stálou ale náhodnou polohu a dálku. V každé scéně jsou N krát po sobě vygenerovány náhodné polohy středu cíle vzhledem ke středu plochy modelu cíle ($r = 1, 2, \dots, N$). Tím jsou simulovány chyby zamíření na cíl středem plochy modelu cíle. Náhodné polohy cíle jsou generovány z dvojrozměrného normálního rozdělení s nulovou střední

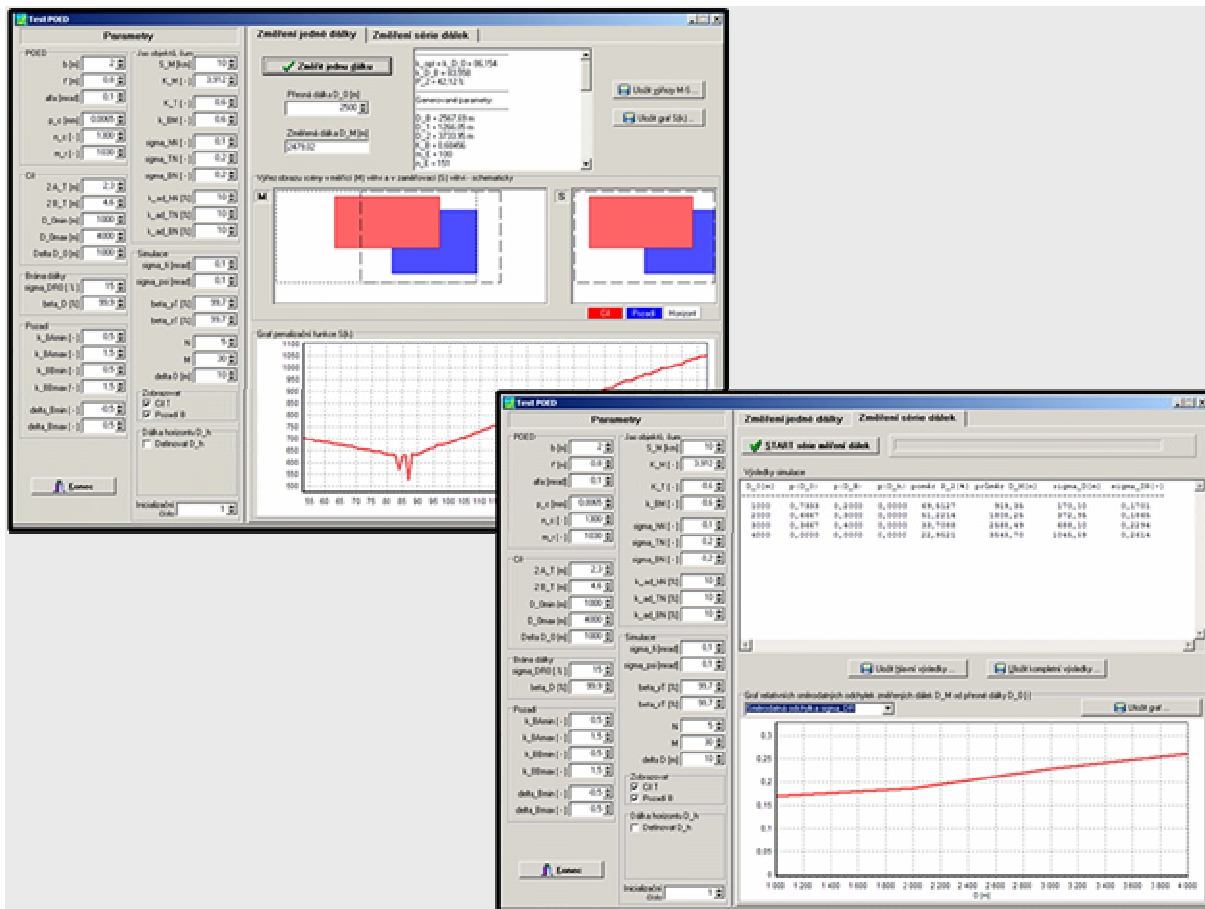


Obrázek 6 Znárodnění základních veličin generovaných programem

hodnotou a směrodatnými odchylkami zamření σ_ϕ a σ_ψ (obr. 3 $k_\phi = \beta_{yT}$, $k_\psi = \beta_{zT}$). Za výsledný odhad dálky cíle v dané scéně D_{Mj} je považován aritmetický průměr z těchto N dílčích měření D_{jr} . Postupně je pro danou dálku cíle vygenerováno M scén ($j = 1, 2, \dots, M$). Z odpovídajících hodnot jsou pak počítány výstupní charakteristiky simulace. Jedná se o odhad střední hodnoty změřené dálky cíle (obr. 8), odhad směrodatné odchylky změřené dálky (obr. 9), odhady pravděpodobnosti, že změřená dálka cíle padne do intervalu $\hat{a}D_0 - \delta_D$, $D_0 + \delta_D$ resp. $\hat{a}D_B - \delta_D$, $D_B + \delta_D$ a podíl plochy cíle na ploše modelu cíle.

Útlum světla v atmosféře, který má vliv na velikost pozorovaných jasů objektů [1, 3] a tedy na velikost pozorovaného kontrastu cíle vůči jeho pozadí, je určen prostřednictvím horizontální meteorologické dohlednosti S_M a konstanty úměrnosti $K_M @ 3,912$. Základní hodnota kontrastu jasu plochy cíle vůči jasů horizontu [1, 3] je dána konstantou K_T . Základní hodnota kontrastu jasu pozadí vůči jasů horizontu je náhodná hodnota $K_B = (1 + k_B) \cdot K_T$, přičemž k_B je generováno z rovnoměrného rozdělení na intervalu $\hat{a} \cdot k_{BM}$, k_{BM} . Jas horizontu má smluvně nulovou hodnotu (lineární transformace hodnot). Dálku horizontu D_h lze zadávat pouze jako konstantu.

Při vytváření scén je respektována viditelnost cíle a pozadí. Je-li cíl blíže, může zakrývat část pozadí a naopak. Horizont je zakrýván (v základním režimu, kdy $D_h @ \infty$) jak cílem, tak i pozadím. Takto vzniklým plochám je přiřazena vypočtená odpovídající základní hodnota

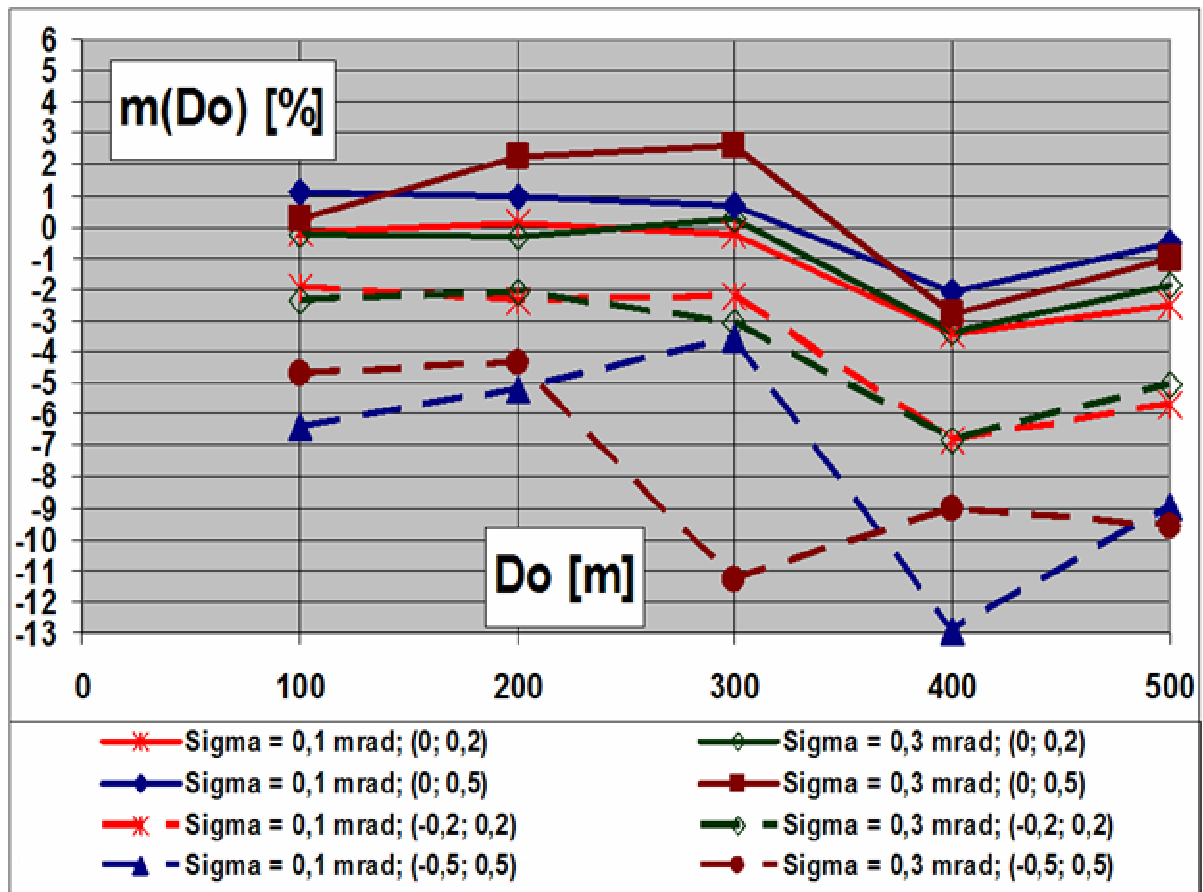


Obrázek 7 Vstupní a výstupní obrazovky programu Test POED

jejich *pozorovaných* kontrastů a pak jsou tyto plochy „zašuměny“ následujícím postupem. Plochy horizontu jsou zašuměny hodnotami z nekorelovaného exponenciálního rozdělení se směrodatnou odchylkou σ_{hN} . Plochy cíle a pozadí jsou zašuměny náhodnými hodnotami z nekorelovaného normálního rozdělení s nulovou střední hodnotou a relativními směrodatnými odchylkami σ_{TN} a σ_{BN} , přičemž 100% představují základní hodnoty pozorovaného jasu resp. kontrastu. Jedná se tedy o bílý šum.

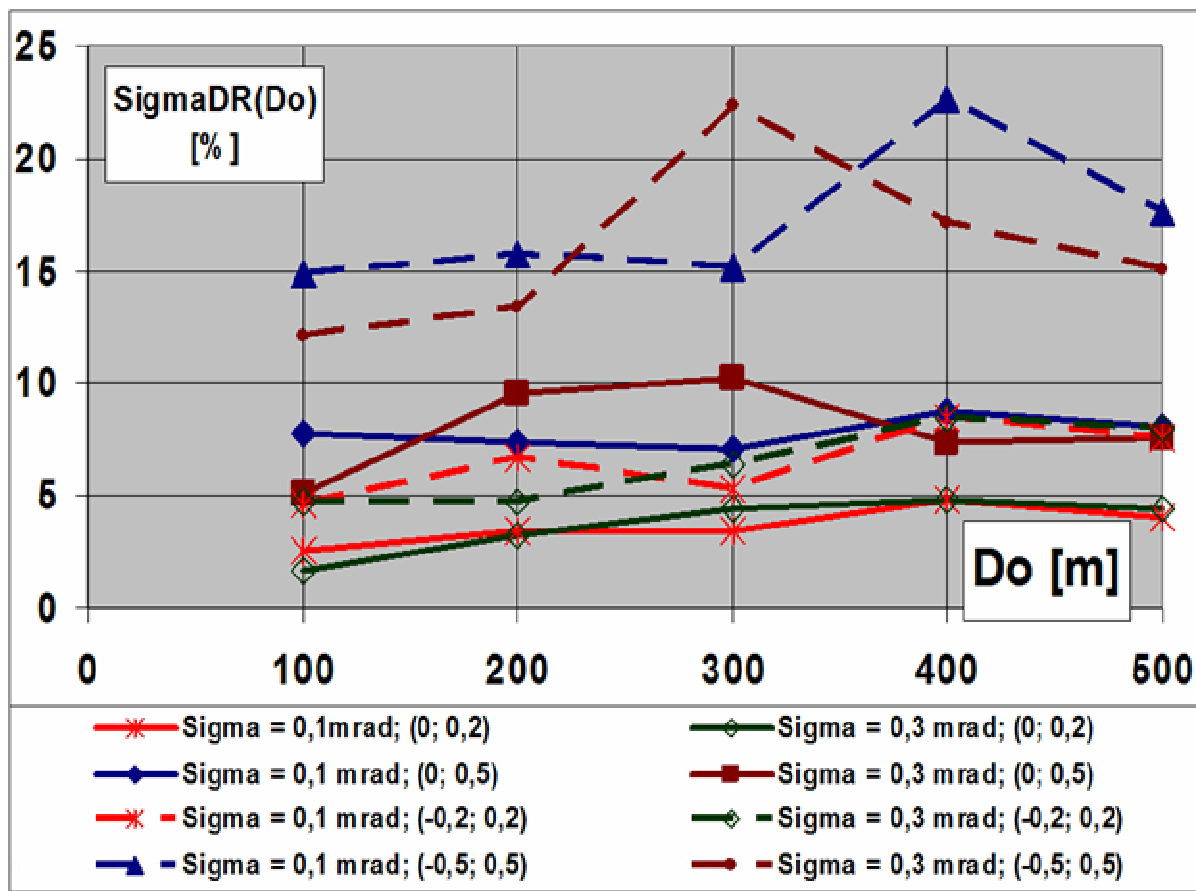
Nedokonalosti snímacího systému kamer a vliv turbulence atmosféry je zjednodušeně zahrnut následujícím postupem. Pouze plochy nacházející se v ploše modelu cíle (zaměřovací větve - pouze) jsou ještě jednou zašuměny bílým šumem, který má stejný charakter, avšak jeho směrodatné odchylky jsou pouze zlomkem původních výchozích hodnot σ_{hN} , σ_{TN} a σ_{BN} , tedy $k_{adhN} \cdot \sigma_{hN}$, $k_{adTN} \cdot \sigma_{TN}$ a $k_{aBN} \cdot \sigma_{BN}$.

S využitím simulačního programu Test POED byla testována dosažitelná přesnost měření délky cíle za využití základního - „neinteligentního“ algoritmu pro vyhodnocování odhadu Δc_{Ti} . Příklady výsledků simulačních výpočtů jsou uvedeny na obrázcích 8 a 9. Odhad délky byl vyhodnocován jako aritmetický průměr $N = 25$ měření v jedné scéně, ve které je každé měření zatíženo náhodnou chybou zamíření v náměru φ a odměru ψ . Jeden bod grafu je dán vyhodnocením výsledků měření ve $M = 100$ náhodně vygenerovaných scénách.



Obrázek 8 Grafy relativních hodnot statistických odhadů systematické chyby změřené dálky $m(D_0) = (D_{Maverage}/D_0 - 1)$ v závislosti na skutečné dálce cíle D_0 , na směrodatné odchylce zamíření na cíl $\sigma = \sigma_\varphi = \sigma_\psi$ [mrad] a na náhodné dálce pozadí cíle $D_B = (\delta_B + 1) \cdot D_0$, přičemž parametr $\delta_B \in [\delta_{Bmin}, \delta_{Bmax}]$ je generován z rovnoměrného rozdělení

Doposud provedené výpočtové experimenty naznačují, že dominantní roli hraje parametr δ_B , který určuje náhodnou polohu pozadí vůči cíli. S růstem šířky intervalu $[\delta_{Bmin}, \delta_{Bmax}]$ rychle narůstají systematické chyby měření dálky (obr. 8) i směrodatné odchylky (obr. 9). Chyby zamířování charakterizované pomocí $\sigma = \sigma_\varphi = \sigma_\psi$ nemají takto výrazný vliv. Vliv pozadí začíná jednoznačně dominovat, je-li $\delta_{Bmin} < 0$. V takovém případě může být plocha cíle zakrývána částečně a nebo zcela plochou pozadí resp. popředí, což prudce zhoršuje přesnost měření dálky cíle. Uvedený jev je pozorován i při používání impulsních laserových dálkoměrů (ILD). V souvislosti s tím je zajímavé, že zvolená hodnota mohutnosti dálkoměru $D_{RFI} = 5770\text{m}$ měla zaručovat přesné měření do dálky cca 200m a pro větší dálky měla způsobovat výrazné zhoršení přesnosti měření. Předpokládaný trend však není téměř pozorovatelný, neboť je zcela potlačen výše popsány jevy. Uvedené lze shrnout do následující empirické poučky: *Jsou-li používány „neinteligentní“ dálkoměry tedy ILD (vždy!) a POED (v případě použití primitivních algoritmů), je přesnost měření dálky dána především*



Obrázek 1 Grafy relativních hodnot statistických odhadů směrodatné odchyly změřené dálky $\sigma_{DR}(D_0) = \sigma(D_M)/D_0$ v závislosti na skutečné délce cíle D_0 , na směrodatné odchyly zamíření na cíl $\sigma = \sigma_\varphi = \sigma_\psi$ [mrad] a na náhodné délce pozadí cíle $D_B = (\delta_B + 1) \cdot D_0$, přičemž parametr $\delta_B \in \langle \delta_{Bmin}, \delta_{Bmax} \rangle$ je generován z rovnoměrného rozdělení

„rozložením pozadí v okolí cíle“. Je-li pozadí blízko cíle je vykazována vysoká přesnost měření. Je-li pozadí vzdáleno od cíle, prudce narůstá, jak směrodatná odchylna měřené dálky, tak i chyba systematická, což je velmi nebezpečné. Extrémním případem je cíl na pozadí horizontu resp. obecně oblohy.

Uvedený jev lze odstranit *pouze* u POED používáním algoritmů vybavených vyšší „inteligencí“ a kooperativní činností operátora. Tento poznatek spolu s tím, že POED nevyzařuje do zájmového prostoru světelnou energii a tudíž je „nezjistitelný“, je hlavním argumentem pro postupné nahrazování ILD sofistikovanými POED.

3. Závěr

V příspěvku je stručně popsána činnost kanálu dálky POED včetně objasnění principu činnosti simulačního programu Test POED jehož jsme autoři. Jsou uvedeny první výsledky simulačních výpočtů.

Předpokládáme další rozšiřování programu tak, aby bylo možno testovat i složitější algoritmy pro měření délky cíle a simulovat zásahy operátora do procesu vlastního měření délky.

4. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory z finančních prostředků projektu průmyslového výzkumu MPO ČR, kód projektu: FT – TA3/103, Název projektu: Výzkum high-end technologií a metod pro rozpoznání pohybujících se objektů, stanovení parametrů pohybu objektů a pro systémy automatického sledování pohybujících se objektů.

5. Literatura

- [1] Čech, V. *Systémová studie k hodnocení systémového řešení a přesnosti měření vzdálenosti cílů pasivním optoelektronickým dálkoměrem*. Součást projektu průmyslového výzkumu MPO ČR, kód projektu: FT – TA3/103, Název projektu: Výzkum high-end technologií a metod pro rozpoznání pohybujících se objektů, stanovení parametrů pohybu objektů a pro systémy automatického sledování pohybujících se objektů. Brno 2006, 233 s.
- [2] Čech, V. a Jevický, J. The Experimental Apparatus for Measurement of Characteristics of Man-operator of Special Man-machine System. In *Book of Extended Abstracts of Engineering Mechanics 2006 and Proceedings on CD-ROM*, Svatka, 15. až 18. 5. 2006, s. 44 až 45, ISBN 80-86246-27-2.
- [3] Čech, V., Jevický, J. Simulation of Optical Information in the Field of Vision of Sight Imitator in Direction Channel Simulator II. In *Proceedings of 41th Spring International Conference Modeling and Simulation of Systems MOSIS 2007*, ACTA MOSIS No. v tisku, Rožnov pod Radhoštěm, 24. až 27. 4. 2007, s. 8, ISBN 80-v tisku.
- [4] Holst, G. C. *Electro-optical Imaging System Performance* (Second edition). JCD Publishing, Winter Park, FL, USA and SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA, USA, 2000, 438 s.

Poznámka: Základní přehled použité literatury je uveden v [1] (142 položek).