

Публикувана в:

**Geodesy, Cartography and Land measurement, part 4,ISSN 0324-1620,  
1998**

## Р Е З Ю М Е

Технологична схема за създаване на DVP

(Цифров видео-плотер)

(автор Пламен Малджански)

Разглеждат се въпросите за технологичната последователност на операциите , които трябва да извършва една програмна система , изпълняваща функциите на DVP. Наред с описанието на основните процеси се показват примерни панели за организация на потребителския интерфейс със системата. Постановката може да послужи като основа за създаване на DVP -система .

## A B S T R A C T

Technological scheme to create DVP (Digital video plotter)

(by Plamen Maldjanski)

It is a suggest to describe the basically operations of fundamental processing of the DVP program system. Abreast to describe the basically operations , there is to display the examples panels of DVP-system and the fundamental organization of customer interface. The radically content must by use to create the DVP system in the future.

## Технологична схема за създаване на DVP

### (Цифров видео-плотер)

(автор Пламен Малджански)

При много задачи от геодезическата практика, свързани с големи количества информация, които трябва за кратко време да се обработят, като се използват съвременни и ефективни технологии, се прилагат методи на Дигиталната фотограметрия. Най-общо казано същността им се състои в следното:

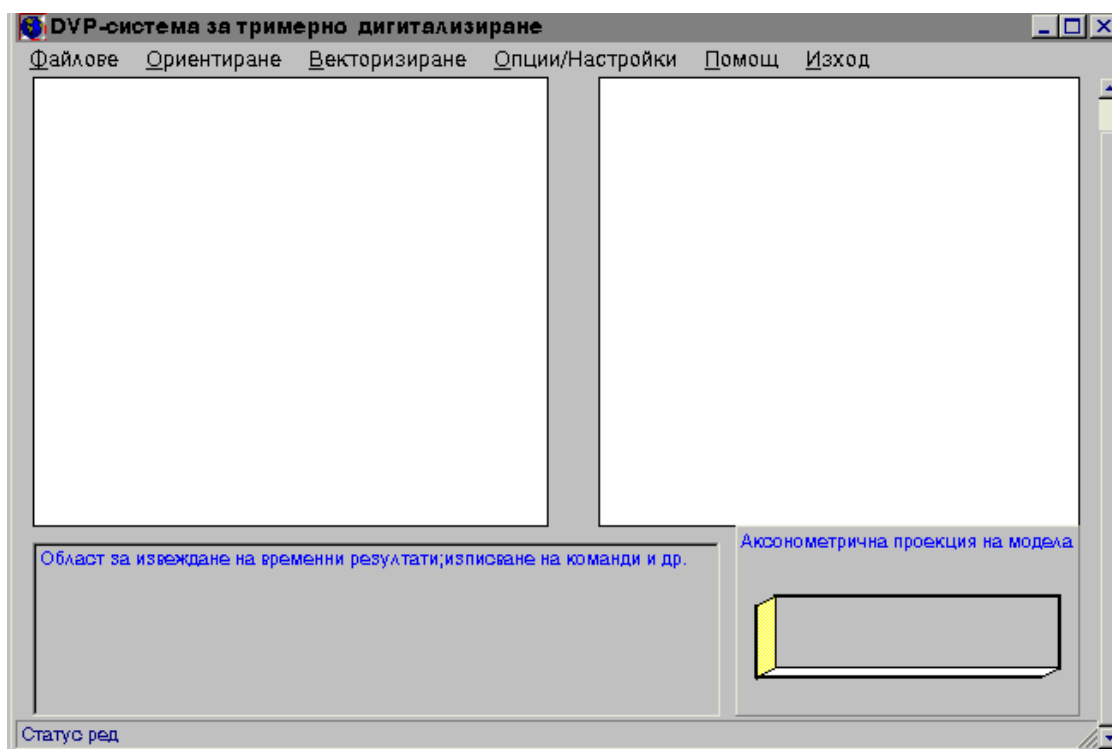
- Чрез вход на информацията от сканирани снимки , посредством стереоскопично наблюдение да се извърши векторизиране (тримерно дигитализиране) като положението на всяка точка се определи на екрана на дисплея от съвпадане на едноименните и образи за всяка от двете снимки , на които тя е изобразена.
- графичните обекти, които са продукт от такива системи обикновено са предназначени за предварително избрана CAD-система, или за подходяща система за автоматизирано създаване на планове и карти.

Динамичното развитие на методите на Дигиталната фотограметрия доведе до създаване на така наречените Цифрови видео-плотери (DVP Digital video plotter), които бързо навлязоха в съвременната фотограметрия. Примери за такива системи са DVP-Leica и модули на системата Intergraph. Въпреки доказаните си качества по отношение на производителност и точност те все още не са намерили място в широката геодезическа практика, било поради висока цена , било поради липса на подготвени кадри за работа с тези системи. Без да се спирам подробно на отделен вид подобни системи , ще разгледам основните принципи и изисквания за създаване на такава система ,ползваща съвременни дигитални фотограметрични методи.

Технологичният процес при работа с DVP може да включва следните процеси:

- 1.Снимките се сканират на скенер с висока разрешаваща способност (600-1200 dpi). Изображенията им се съхраняват в някои от възможните графични формати (\*tif, \*.gif, \*.pix...).
2. Чрез корелационна обработка на изображенията се постига подобър контраст, яркост и т.н.
3. Всяко от изображенията се съхранява в някаква база, така че да имаме достъп до всеки пиксел от изображението.
4. Извършват се процеси на ориентиране (възстановяване на взаимното положение на двете снимки в пространството, като се отчита и тяхното абсолютно положение спрямо приета референтна геодезическа координатна система).На този етап се извършва асоцииране (съпоставяне ) между пикселните (образните координати) на точките и техните пространствени координати.
5. Векторизиране. Изчертават се след стереоскопичното наблюдение основните графични обекти (точки, линии, полилинии , контури и т.н.)

Един възможен вариант за такава дигитална системата е показан на (фиг.1)



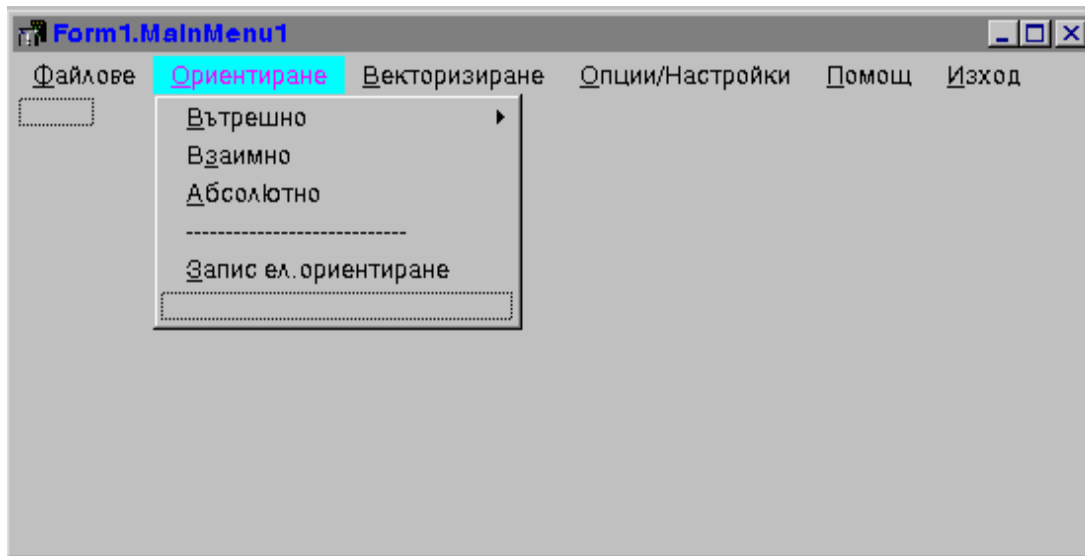
(фиг.1)

Съдържанието на отделните технологични процеси в детайли е както следва:

1. Сканирането на снимките трябва да се извърши на прецизен скенер с разрешаваща способност (5-10 микрона). Получават се големи файлове за изображенията (средно 50MB за всяка снимка)

2. Корелационната обработка трябва да позволява чрез използване на стандартни методи (медианна филтрация, изменение на хистограмата на разпределение на полутоновите нива, интегриращи и диференциращи филтри) да се оперира поотделно със всяко от изображенията, така че да се изравнят контрастите и яркостта на двете снимки. (Това е необходимо за успешно реализиране на итеративния процес по стереоскопичното наблюдение на двата образа.)

3. Ориентирането е най съществения момент от работата с DVP. Трябва се предвидят следните примерни възможности (фиг.2):



(фиг.2)

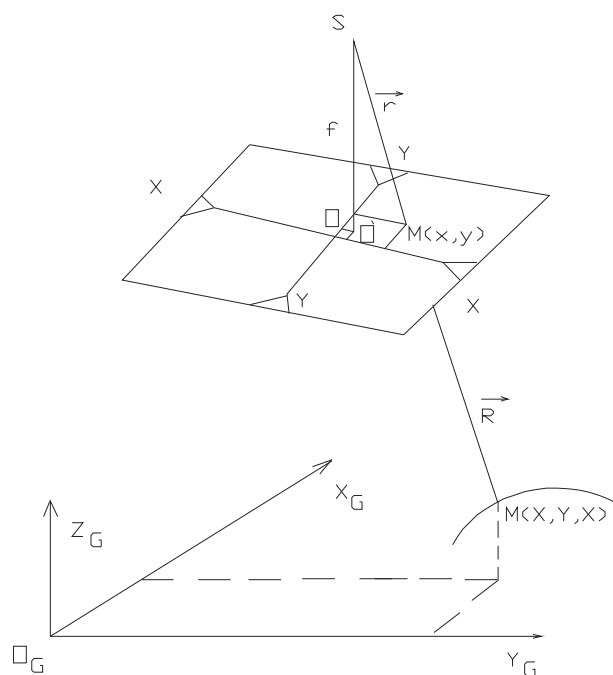
### *Ориентирания*

<Вътрешно> за лява и дясна снимки;

<Взаимно> представлява относителното ориентиране на едната снимка спрямо другата;

<Абсолютно> Това е ориентирането на модела получен от двете снимки по отношение на приетата референтна координатна система.

Елементарно построение във фотограметрията е единичната връзка, която определя положението на снимачния център в координатната система на снимката (фиг.3)



(фиг.3)

Образните координати на коя да е точка от снимката се определят от вектора:

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix} \quad (1)$$

,където  $x_0$  и  $y_0$  са координатите на главната точка на снимката,  $f$  е фокусното разстояние на камерата. Често при фотограметричните построения като връзка между координатите на точки от местността и техните изображения се използват формули за преобразуване на правоъгълни координати в пространството, даващи връзките между използваните координатни системи (образна, фотограметрична и геодезическа).

Във фотограметрична координатна система положението на единична снимка се определя от елементите на външното ориентиране. (Това са

координатите на центъра на проектиране ( $X_s, Y_s, Z_s$ ); ъглите на завъртане на снимката спрямо осите на координатната система ( $\alpha, \omega, \chi$ ). Последните се явяват функции на матрицата на ротация:

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

,където  $a_{1-3}, b_{1-3}, c_{1-3}$  са направляващите косинуси, изразяващи се чрез ъглите на наклона и завъртане по формули (3):

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos \alpha \cos \chi - \sin \alpha \sin \omega \sin \chi; & b_1 &= \cos \omega \sin \chi; \\ a_2 &= -\cos \alpha \sin \chi - \sin \alpha \sin \omega \cos \chi; & b_2 &= \cos \omega \cos \chi; \\ a_3 &= -\sin \alpha \cos \omega; & b_3 &= -\sin \omega; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} c_1 &= \sin \alpha \cos \chi + \cos \alpha \sin \omega \sin \chi; \\ c_2 &= -\sin \alpha \sin \chi + \cos \alpha \sin \omega \cos \chi; \\ c_3 &= \cos \alpha \cos \omega; \end{aligned}$$

Ъглите на наклона и на завъртането могат да се определят съгласно (4):

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{a_3}{c_3}\right); \omega = \operatorname{arcsin}(-b_3); \chi = \operatorname{arctg}\left(\frac{b_1}{b_2}\right) \quad (4)$$

Връзката между координатите на точка от снимката  $\mathbf{m}$  и точка от местността  $\mathbf{M}$  (виж фиг.3) се изразява с условието за колинеарност на три точки  $\mathbf{m}, \mathbf{S}$  и  $\mathbf{M}$ . Във векторна форма това условие има вида:

$$\vec{r} = t \cdot A \cdot \vec{R} \quad (5),$$

,където  $\vec{r}$  е радиус-векторът във фотограметричната координатна система, а  $\vec{R}$  в геодезическата. В координатната система на местността то добива вида:

$$t \cdot \vec{R} = A \cdot \vec{r} \quad (6),$$

,където:

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -f \end{bmatrix}; \vec{R} = \begin{bmatrix} X - X_S \\ Y - Y_S \\ Z - Z_S \end{bmatrix} \quad (7)$$

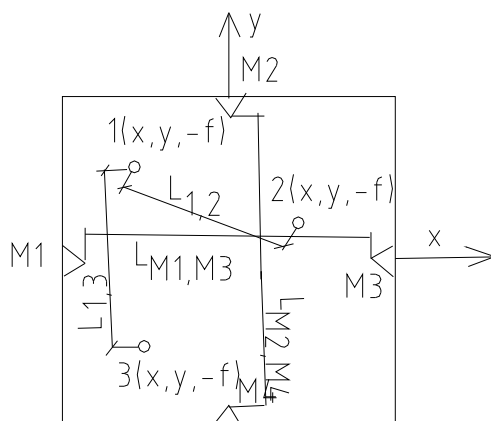
$t$  е мащабен коефициент;

$A$  е транспонираната по отношение на  $A$  матрица на ротация.

Имайки предвид гореказаното то на различен етап от процеса ориентиране трябва да се съпоставят пикселните координати на точка от изображението със пространствените геодезически координати. Ако се приеме че аналитичният модел за стереодвойката ще бъде построен по „метода на единичните връзки“ (използвайки само условието за колинеарност), то при направено асоцииране за да бъде получено съответствие между образни и пространствени координати на точки се спазва следната последователност:

Вътрешно ориентиране. Разглеждат се двете снимки по отделно (фиг.4):

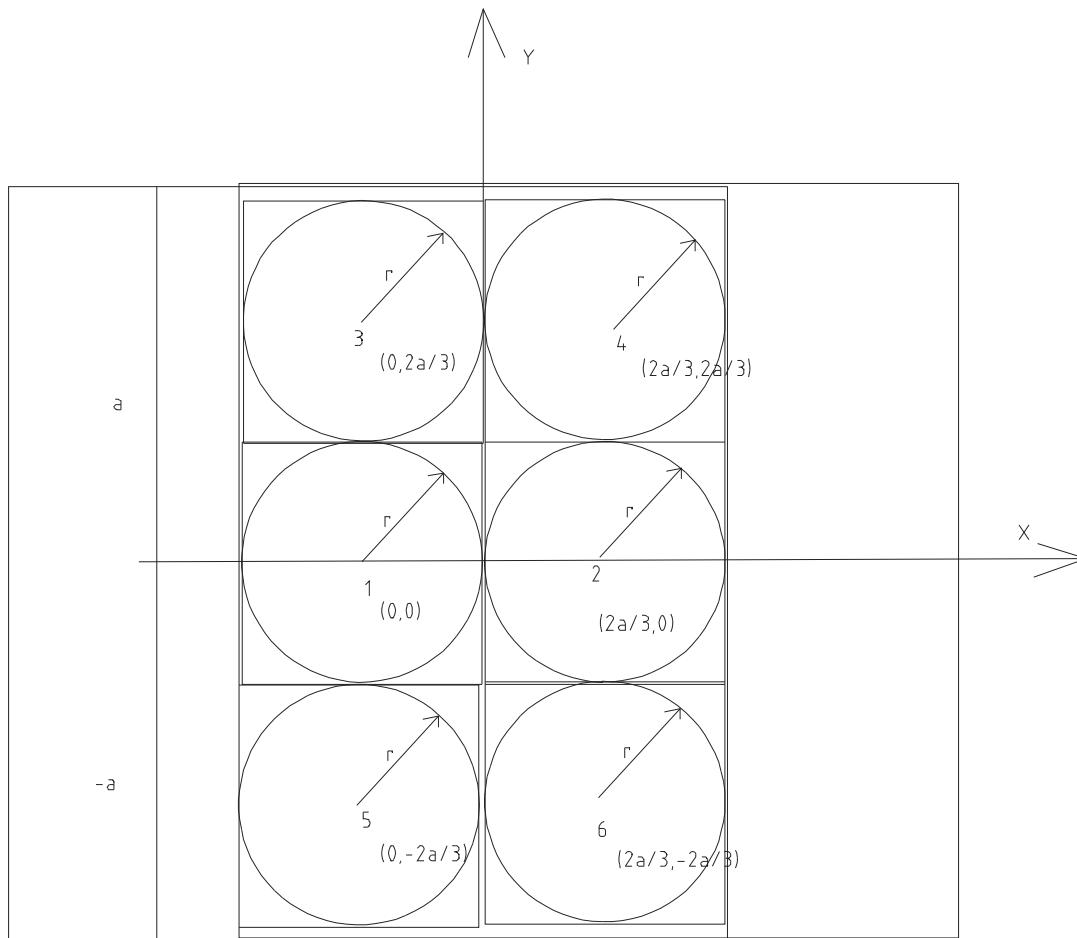




(фиг.4)

Трябва да се извърши сравнение на разстоянията  $L_{M1,M3}$  и  $L_{M2,M4}$  при снимки направени с метрични камери или  $L_{1,2}$  и  $L_{1,3}$  за метрични камери. Оригиналните разстояния между рамковите марки , както и фокусното разстояние  $f$  са зададени в параметричен файл за системата . Трябва да се гони допуск за несъвпадение на тези разстояния с изчислените от указаното местоположение на точката при посочването и от оператора на системата.

Взаимно ориентиране Свежда се до такава обработка на двете изображения , че в модела , който се наблюдава , да няма вертикален паралакс. За целта на подходящи места (виж фиг.5) оператора на системата избира най малко шест точки , за всяка от които може да се състави по едно условно уравнение с параметри от вида (8), което след обработка по МНМК (Метод на най-малките квадрати) да доведе до определяне на елементите на взаимното ориентиране за стереодвойката снимки.



(фиг.5)

$$\begin{aligned}
 & (b_1 c_1' - c_1 b_1') v_{x_1} + (b_1 c_1' - c_1 b_1') v_{x_2} + (b_2 c_2' - c_2 b_2') v_{y_1} + \\
 & + (b_2 c_2' - c_2 b_2') v_{y_2} + X_1' Y_2' \delta \alpha_1 + Y_1' X_2' \delta \alpha_2 + [Y_1' E' - Z_1' F'] \delta \omega_2 + \quad (8) \\
 & + [Z_2' B - Y_2' C] \delta \chi_1 + [Y_1' C' - Z_1' B'] \delta \chi_2 + W = 0;
 \end{aligned}$$

В (8)  $v_{x_1}, v_{x_2}, v_{y_1}, v_{y_2}$  са поправки към измерените образни координати  $x_1', x_2', y_1', y_2'$  ( $x_1 = x_1' + v_{x_1}; x_2 = x_2' + v_{x_2}; y_1 = y_1' + v_{y_1}; y_2 = y_2' + v_{y_2}$ ), а  $\delta \alpha_1, \delta \alpha_2, \delta \omega_2, \delta \chi_1, \delta \chi_2$  са поправки към приблизителните стойности на приетите за параметри елементи на взаимното ориентиране за стереодвойката ( $\alpha_1 = \alpha_1' + \delta \alpha_1$ ,  $\alpha_2 = \alpha_2' + \delta \alpha_2$ ,  $\omega_2 = \omega_2' + \delta \omega_2$ ,  $\chi_1 = \chi_1' + \delta \chi_1$ ,  $\chi_2 = \chi_2' + \delta \chi_2$ )

В матрична форма , уравнение (8 ) добива вида (9):

$$A_{(m,n)}V_{(n,1)} + B_{(m,k)}X_{(k,1)} + W_{(m,1)} = 0_{(m,1)} \quad (9)$$

$$\text{Rang}(A) = m; \text{Rang}(B) = k$$

**m**- брой на условните уравнения (за една точка се съставя едно условно уравнение, затова **m** е броят на точките в модела;

**n**- броя на поправките, към измерените образни координати;

**k**- броя на неизвестните параметри (елементите на ориентиране).

Условното изравнение с параметри може да се сведе до параметрично (9)

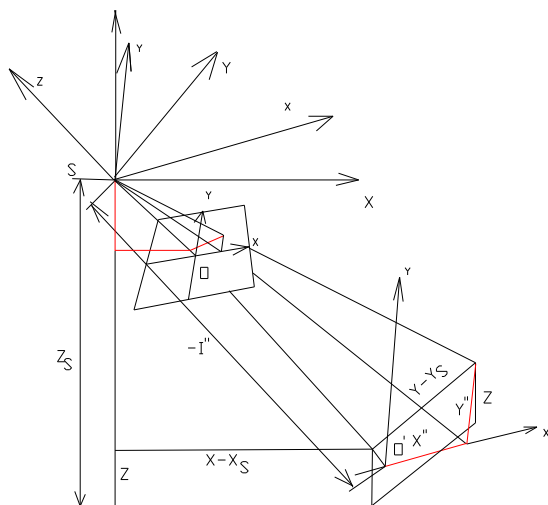
$$(\tilde{B}^t \tilde{B})X + \tilde{B}^t \tilde{W} = 0 \quad (9)$$

където  $\tilde{B} = T^{-1t} B$ ;  $\tilde{W} = T^{-1t} W$ ,  $T^{-1t}$  е обратната на триъгълната матрица  $T^t$ , получена от ортонормираното разлагане  $\tilde{A}_{(m,n)} = T^t_{(m,m)} U_{(m,n)}$ .

Решението е

$$X = -(\tilde{B}^t \tilde{B})^{-1} \tilde{B}^t W \quad (10)$$

Абсолютно ориентиране При него се съпоставят точки от модела с техните абсолютни координати в приетата референтна координатна система, като за условие при изграждане на модела служи условието за колинеарност.



(фиг.6)

Условието за колинеарност, даващо връзка между образни и пространствени координати се изразява с формули (11):

$$\begin{aligned} x - x_0 &= -f \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}; \\ y - y_0 &= -f \frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}; \end{aligned} \quad (11)$$

за въздушна снимка и (12) за земна снимка

$$\begin{aligned} x - x_0 &= -f \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}; \\ z - z_0 &= -f \frac{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}; \end{aligned} \quad (12)$$

Всяка асоциирана точка чрез двата си образа дава четири уравнения от вида (11) или (12). (две за лявата и две за дясната снимки). Те се разглеждат като уравнения на измерванията в едно параметрично изравнение по МНМК с неизвестни елементи на ориентиране на стереодвойката (седем на брой). Всъщност това са параметрите на една

пространствена тримерна трансформация между моделните и реалните (геодезически координати). Най-общия вид на трансформацията е (13):

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{30} & m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Първата колона на матрицата 4x4 представлява трансляция с някакъв вектор, използвайки стандартното матрично умножение. Във формули (13)  $a_0=1.0$ , и  $[a_1, a_2, a_3]$  е тримерния входен вектор,  $m_{00}=1.0$ ,  $m_{01}=m_{02}=m_{03}=0.0$  за повечето матрици, така че  $b_0=1.0$  след умножението.

Неизвестните елементи на ориентиране участват в матрицата M. Ако за тяхното определяне се използва параметрично изравнение се стига до уравнения на поправките от вида:

$$\begin{aligned} v = & A_1 \delta \Delta x + A_2 \delta \Delta y + A_3 \delta x_0 + A_4 \delta y_0 + A_5 \delta f + A_6 \delta \alpha + A_7 \delta \omega + A_8 \delta \chi + \\ & + A_9 \delta X_s + A_{10} \delta Y_s + A_{11} \delta Z_s + A_{12} \delta X + A_{13} \delta Y + A_{14} \delta Z + \\ & + A_{15} \delta \xi + A_{16} \delta \zeta + A_{17} \delta \theta + A_{18} \delta t + L; \end{aligned} \quad (14)$$

$\delta \Delta x, \delta \Delta y$  отразяват сумарното влияние на грешките съответно по осите  $x$  и  $y$  (поправки към неизвестните при калибровка на камерата.)

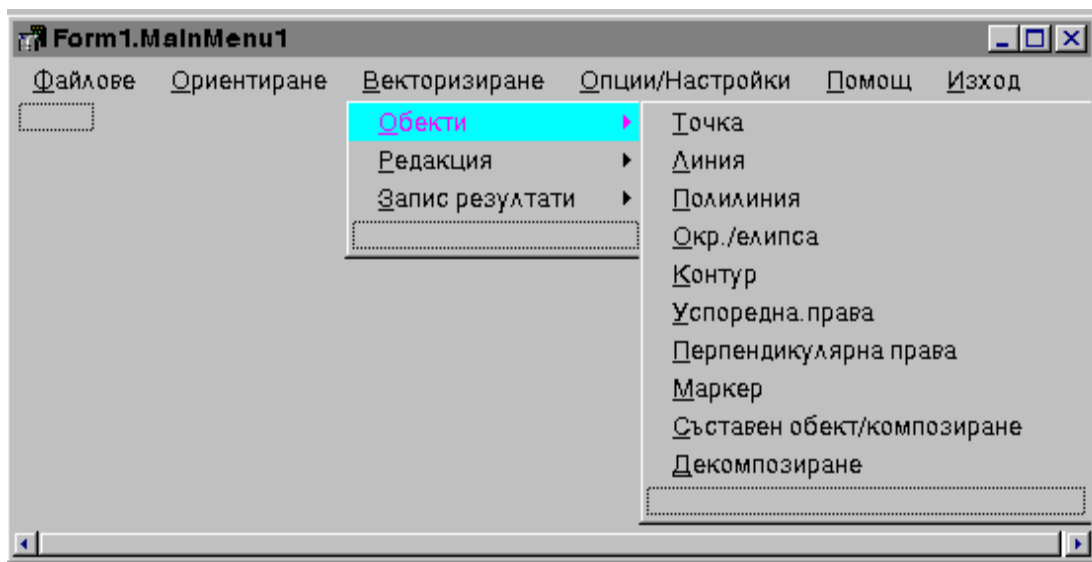
$\delta x_0, \delta y_0, \delta f$  са поправки към неизвестните елементи на вътрешното ориентиране на снимката.

$\delta \alpha, \delta \omega, \delta \chi, \delta X_s, \delta Y_s, \delta Z_s$ -поправки към неизвестните елементите на относителното ориентиране

$\delta X, \delta Y, \delta Z, \delta \xi, \delta \zeta, \delta \theta, \delta t$ -поправки към неизвестните елементи на абсолютното ориентиране.

Векторизиране Това е работният за системата процес. След като са уточнени елементите на ориентиране на стереодвойката и са определени

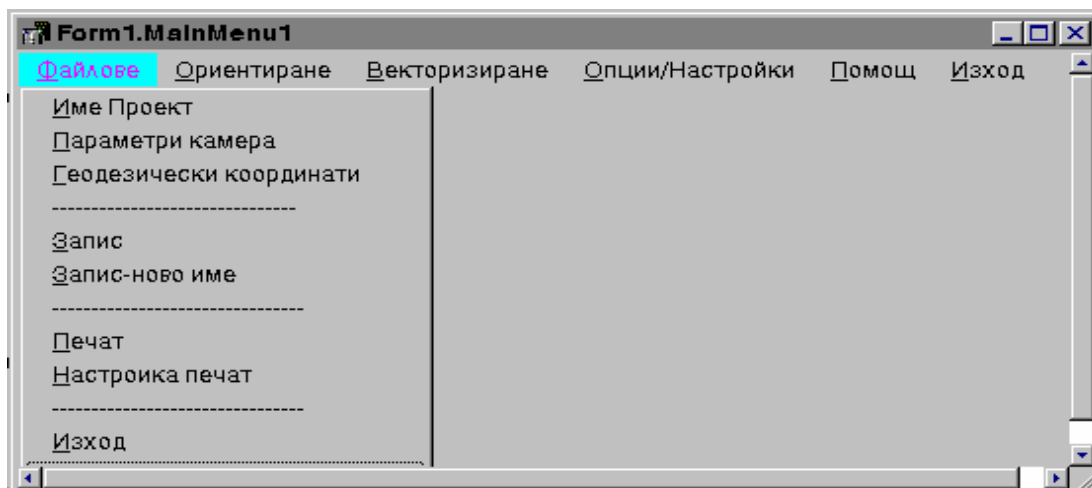
членовете на обобщената матрица  $M$  (виж форм.13), потребителят на системата трябва да има възможност да построява в резултат на стереоскопичното наблюдение различни графични обекти, както и да променя техните атрибути.



(фиг.7)

Системата трябва да позволява още :

1.Управление на проекта(фиг.8)

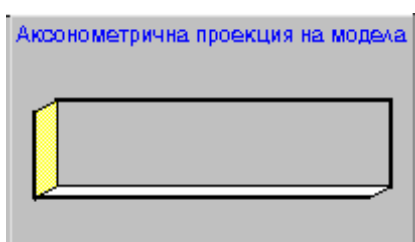


Тава са възможности за задаване на име на проекта, работна директория, име на файла с данните за камерата, файла с координатите на опорните точки, изходния графичен файл и др.

2.Zoom контрол (фиг.9).Трябва да осигурява удобство при работата на потребителя , като отделните функции са свързани с двата работни прозореца за системата и прозореца с аксонометричното изображение за модела. (фиг.10).



(фиг.9)



(фиг.10)

### Важни потребителски функции

1.Трансформации. Чрез указване на точки от стерео-модела и вида на трансформацията потребителят трябва да може да извършва желана трансформация.

2.Итеративно следене на процесите по ориентиране на модела. След като ориентирането е завършено системата при всеки опит да се кацне на точка от едната и другата снимки трябва автоматично да преизчислява положението на точката , така че да няма вертикален паралакс в модела.

3.Основните функции при работа да се осъществяват в два режима (монокулярен и стереоскопичен). При монокулярният двете снимки се управляват поотделно, а при стереоскопичният заедно. **Стереоскопичният начин да е единствено възможният след ориентиране на модела.**

Така разгледаните технологични функции на DVP -система могат успешно да се приложат при нейната програмна реализация.

## ЛИТЕРАТУРА

**[1]-Leica DVP-User guide,1996**

**[2] ЛОБАНОВ, А.Н.** Фотограмметрия, НЕДРА ,1984

**[3] Малджански Пл.,** Използване на теория на графите и рекурсия за определяне на елементите на взаимното ориентиране на стерео двойка снимки , Годишник на УАСГ -1994г.,свитък III, том XXXVII.

**[4]- Златанов, Г.,** Електронно изчислителна техника в геодезията, ТЕХНИКА-1979.

**[5] Златанов Г.,Иванов. Ив.,Гайтанджиев Сл.,Банов Б.,** Един алгоритъм за изравнение на пространствена блокова триангулация, Известия, бр.2 ISSN 0204-496, София,19881