

تبدیل و نظارت در فتوگرامتری بدون نیاز به توجیحات نسبی و مطلق با استفاده از اطلاعات مثلث بندی در قالب PAT-B

نویسندگان:

شرکت نمایرداز رایانه (NPR) info@nprco.com

شرکت مهندسی مشاور فرازمین info@farazamin.com

1385/07/15

چکیده

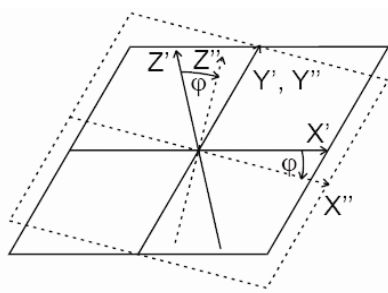
در میان نرم افزارهای کاملا رقومی فتوگرامتری که عمل مثلث بندی را انجام می دهند فرمت مشترکی برای تبادل اطلاعات وجود دارد که اصطلاحا به PAT-B معروف می باشد. انتقال اطلاعات از نرم افزاری به نرم افزار دیگر اساسا برای احیاء تمامی محاسبات مثلث بندی و تشکیل مدلها بدون نیاز به توجیحات دوباره می باشد (Load کردن مدل). البته با وجود زبان مشترکی همانند PAT-B انجام دوباره توجیحات نسبی و مطلق نه تنها کاری منطقی نبوده بلکه باعث مخدوش شدن دقت بدست آمده توسط مثلث بندی اولیه می شود و مستلزم صرف زمانی نزدیک به زمان صرف شده برای مثلث بندی اولیه می باشد. از این موضوع می توان در بحث تبدیل و ترسیم مدلها استفاده لازم را برد. بطوری که شرکتهای مشاور در صورت دارا بودن سیستمهای فتوگرامتری کاملا رقومی حمایت کننده از این زبان مشترک، دیگر نیازی به توجیحات نسبی و مطلق نخواهند داشت و از این طریق قادر خواهند بود تمامی مدلها را با دقتی برابر با دقت مثلث بندی احیاء نموده و عملیات تبدیل را آغاز نمایند. لازم بذکر است که این امر باعث یکپارچگی دقت کار شرکتهای مشاور در زمینه توجیحات خواهد شد، چراکه شرکتهای مشاور مدلها را دقیقا بر اساس توجیحات مثلث بندی سازمان نقشه برداری Load خواهند نمود. در بحث نظارت بر کار شرکتهای مشاور نیز این مساله کاربرد فراوانی داشته که در این مقاله مفصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

مقدمه

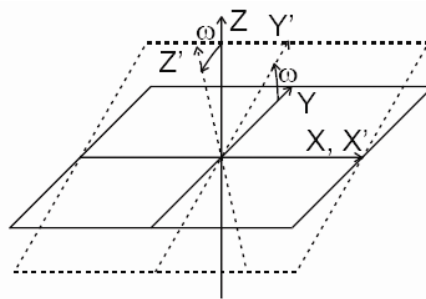
همانطور که می دانیم بعد از انجام عملیات مثلث بندی هوایی تمامی تصاویر، حتی تصاویری که نقاط کنترل زمینی نداشته اند، دارای پارامترهای توجیه خارجی بوده و توجیحات نسبی و مطلق برای تمامی تصاویر انجام شده است. حال در صورت استفاده از نرم افزارهای رقومی فتوگرامتری، می توان برای ترسیم مدلها از خروجی مثلث بندی استفاده نمود و با حفظ توجیحات نسبی و مطلق انجام شده در مرحله مثلث بندی، شروع به ترسیم مدلها جهت تبدیل آنها به نقشه نمود. البته این امکان در دستگاههای تبدیل تحلیلی نیز وجود دارد ولی با این تفاوت که در این نسل از دستگاههای فتوگرامتری فقط می توان مدلها را بصورت تک تک با بهره گیری از خروجی مثلث بندی احیاء نموده و عملیات ترسیم را آغاز نماییم. در صورتی که در نرم افزارهای کاملا رقومی (مانند Inpho، PHOTOMOD و Intergraph) تمامی مدلها را یکجا احیاء کرده و بصورت توجیه شده در حافظه خود نگه می دارد و هر زمان که عامل تبدیل اراده نماید، قادر خواهد بود مدل موردنظر خود را از بانک نگهداری مدلها فراخوانده (Load کرده) و شروع به ترسیم آن نماید.

ماهیت و شکل‌های مختلف فرمت PAT-B بعنوان خروجی مثلث بندی

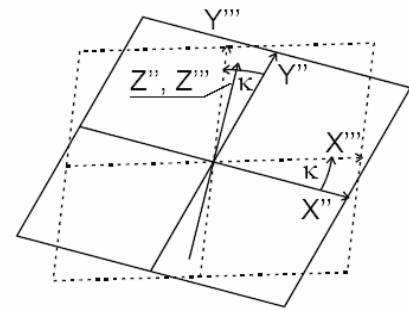
همانطور که در بالا ذکر شد خروجی مثلث بندی باندل اجسمنت اصولاً شامل پارامترهای توجیه خارجی تصاویر می باشد. بنابراین می توان فرمت PAT-B را شامل سه پارامتر انتقال (X_0, Y_0, Z_0) و سه پارامتر دوران (Ω, Φ, κ) (شکل ۱ و ۲ و ۳) برای مرکز تصویر هر تصویر دانست. البته لازم بذکر است که ماهیت خروجی مثلث بندی، شش پارامتر ذکر شده در بالا می باشد و ممکن است این پارامترهای به صورت های مختلفی در قالب فرمت PAT-B بیان شود. بفرض مثال گاهی اوقات بجای ذکر مستقیم سه پارامتر دوران عناصر ماتریس دوران ذکر می شود (شکل ۴). در مواقعی نیز بجای بیان شش پارامتر انتقال و دوران مختصات عکسی و زمینی نقاط گره ای و کنترل در فرمت PAT-B گنجانده شده که در این صورت در نرم افزار برای احیاء مدلها از عملیات ترفیع فضایی (Space Resection) و معادلات شرط همخطی استفاده میشود.



شکل ۳: دوران حول محور Y (Φ)



شکل ۲: دوران حول محور X (ω)



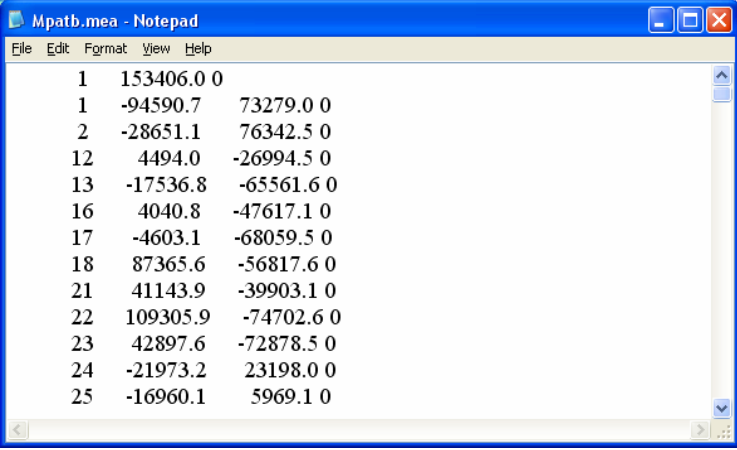
شکل ۱: دوران حول محور Z (κ)

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= \cos \Phi \times \cos \kappa \\
 a_{21} &= \cos \kappa \times \sin \Phi \times \sin \omega + \cos \omega \times \sin \kappa \\
 a_{31} &= -\cos \kappa \times \sin \Phi \times \cos \omega + \sin \omega \times \sin \kappa \\
 a_{12} &= -\sin \kappa \times \cos \Phi \\
 a_{22} &= \cos \kappa \times \cos \omega - \sin \omega \times \sin \Phi \times \sin \kappa \\
 a_{32} &= \sin \omega \times \cos \kappa + \cos \omega \times \sin \Phi \times \sin \kappa \\
 a_{13} &= \sin \Phi \\
 a_{23} &= -\sin \omega \times \cos \Phi
 \end{aligned}$$

شکل ۴: عناصر ماتریس دوران در معادلات شرط همخطی

Opatb.xyz - Notepad				
File	Edit	Format	View	Help
0				
1	4971037.270	6444373.220	129.630	
2	4970710.750	6444342.650	129.100	
3	4970281.380	6444471.620	130.590	
4	4969867.500	6444567.540	130.340	
5	4969403.120	6444320.640	134.840	
6	4970965.650	6443051.460	172.220	
7	4970639.770	6442967.290	180.830	
8	4970211.490	6442953.400	160.920	
9	4969846.860	6442930.370	146.180	
10	4970040.520	6443598.940	129.000	
11	4969470.390	6442963.690	132.140	
-99				

شکل ۵: فایل مربوطه مختصات سرشکن شده نقاط کنترل (X,Y,Z)



Line	X	Y	Z
1	153406.0	0	0
1	-94590.7	73279.0	0
2	-28651.1	76342.5	0
12	4494.0	-26994.5	0
13	-17536.8	-65561.6	0
16	4040.8	-47617.1	0
17	-4603.1	-68059.5	0
18	87365.6	-56817.6	0
21	41143.9	-39903.1	0
22	109305.9	-74702.6	0
23	42897.6	-72878.5	0
24	-21973.2	23198.0	0
25	-16960.1	5969.1	0

شکل ۶: فایل مختصات عکسی نقاط کنترل (x,y)

در سطر اول شماره تصویر به همراه فاصله کانونی دوربین ملاحظه می شود (واحدها به میکرون)

قابلیت خواندن پارامترهای توجیه خارجی بدست آمده هنگام پرواز در قالب PAT-B

همانطور که میدانیم اخیرا سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (NGO) مجهز به دوربین عکسبرداری رقومی هوایی (UltraCAM_D) شده است که از تجهیزات زمین مرجع نمودن مسقیم (Direct geo-referencing) جهت بدست آوردن پارامترهای توجیه خارجی استفاده می نماید. این تجهیزات شامل GPS و INS (IMU) (از شرکت- www.igi-systems.com IGI کشور آلمان) بوده و فایل خروجی آن در فرمت PAT-B میباشد و در امر مثلث بندی نیز میتوان پارامترهای توجیه خارجی بدست آمده را بعنوان نقاط کنترل وارد محاسبات نمود البته مشروط بر اینکه نرم افزار رقومی مورد استفاده، از این امکانات برخوردار باشد. در واقع فرمت PAT-B مانند DXF در نرم افزارهای CAD و Rynex در نرم افزارهای پردازش مشاهدات GPS عمل میکند.

دو نوع از کاربردهای خروجی مثلث بندی بصورت فرمت PAT-B

✓ **ترسیم مدلها در نرم افزارهای کاملا رقومی فتوگرامتری بدون نیاز به توجیحات نسبی،**

مطلق و در بعضی مواقع توجیه داخلی

علاوه بر مختصات عکسی و زمینی نقاط کنترل و گره ای یکی از مواردی که بعد از عملیات مثلث بندی هوایی بعنوان خروجی ارائه می شود پریک موجود روی دیاپوزتیوها می باشد. اصولا وجود پریک برای انجام دوباره توجیه مطلق در دستگاههای تبدیل و ترسیم مدل می باشد. همانطور که میدانیم در انجام عملیات مثلث بندی مدلهایی وجود دارند که فاقد نقاط کنترل زمینی بوده و از طریق نقاط گره ای به مدلهایی که دارای نقاط کنترل زمینی هستند اتصال یافته اند. بعد از انجام مثلث بندی هوایی علاوه بر مدلهای دارای نقاط کنترل زمینی، مدلهایی که فاقد چنین نقاطی بوده اند نیز دارای مختصات زمینی شده و یابه اصطلاح این مدلها توجیه مطلق می شوند. سپس روی این مدلها نقاط گره ای که دارای مختصات زمینی شده اند (نقاط کنترل عکسی) از طریق پریک نشان داده می شوند (روی هر تصویر ۳ نقطه) تا در صورت نیاز بتوان از این نقاط برای توجیه مطلق مدلها بهره جست. روشی دیگر نیز برای انجام توجیه مطلق مدلها بعد از انجام مثلث بندی غیر از روش استفاده از پریک وجود دارد که این روش منحصر در نرم افزارهای کاملا رقومی

فتوگرامتری قابل انجام می باشد. در این روش میتوان مستقیماً از مختصات عکسی و زمینی نقاط گره ای بدست آمده از مثلث بندی هوایی (فرمت PAT-B)، در معادلات باندا اجسمنت استفاده نمود و پارامترهای توجیه خارجی هر تصویر را بدست آورد. با در اختیار داشتن شش پارامتر توجیه خارجی هر تصویر (که ممکن است از طریق GPS/IMU موجود در دوربینهای هوایی بدست آمده باشد) دیگر نیازی به انجام توجیه نسبی و مطلق نبوده و مدلها آماده برای انجام انواع پردازش و همچنین ترسیم می باشند. لازم بذکر است در صورت یکپارچه بودن نرم افزار مثلث بندی و نرم افزار تبدیل دیگر نیازی به احیا بلوک از طریق پریک و یا فرمت PAT-B نبوده و بلافاصله بعد از انجام مثلث بندی کل بلوک عکسبرداری شده در حافظه ذخیره شده و قابل استفاده برای انجام انواع پردازشها می باشد.

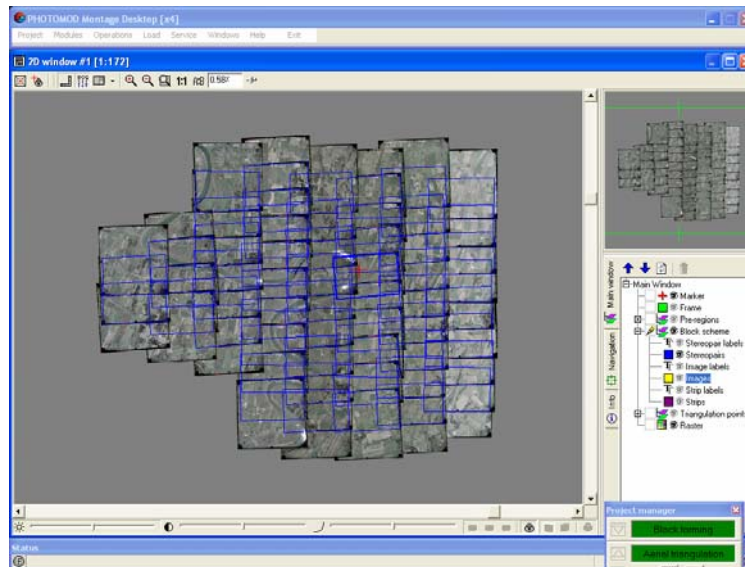
خلاصه مطلب فوق را می توان بدین صورت بیان نمود که با توجه به اینکه سازمان نقشه برداری کشور متولی انجام مثلث بندی هوایی پروژه های فتوگرامتری می باشد، شرکت های مهندسی مشاور فعال در این زمینه با در اختیار داشتن نتایج مثلث بندی در قالب PAT-B و بهره گیری از نرم افزارهای کاملاً رقومی فتوگرامتری دیگر نیازی به انجام توجیحات نسبی و مطلق نخواهند داشت و قادر خواهند بود کل بلوک عکسبرداری شده را به یکباره در نرم افزار بازایی نموده و با فراخوانی مدل مورد نظر کار ترسیم مربوط به آن را انجام دهند. مزایای بکار گیری این روش عبارتند از:

۱- عدم مخدوش شدن دقت حاصله از مثلث بندی هوایی

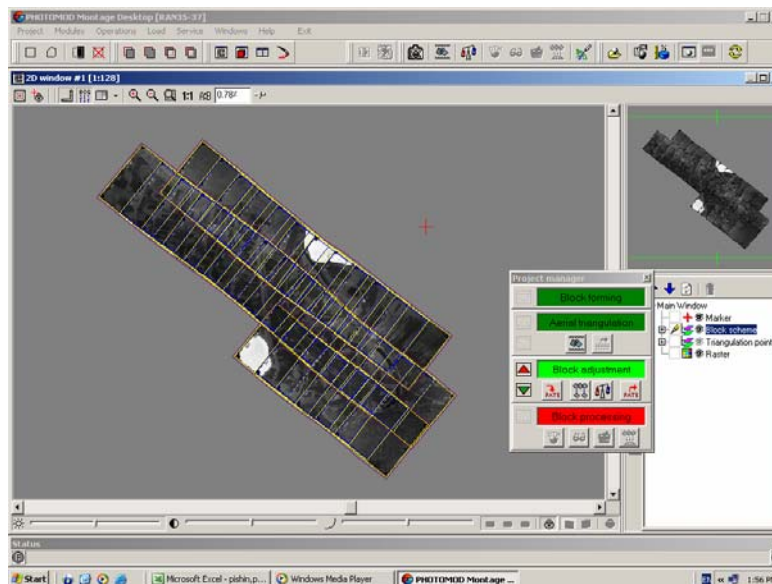
همانطور که می دانیم سازمان نقشه برداری عملیات مثلث بندی را با دستگاههای دقیق و اپراتورهای با تجربه چندین ساله انجام می دهد. حال اگر بخواهیم مراحل توجیه نسبی و مطلق را دوباره در دستگاهها و نرم افزارهای موجود در شرکت های مشاور فتوگرامتری انجام دهیم، در واقع دقت اولیه را مخدوش کرده و عملاً بر اساس نتایج متفاوت با نتایج مثلث بندی کار تبدیل را انجام داده ایم. چراکه ممکن است هنگام مثلث بندی هوایی از توجیه نقطه ای با دقت $20 \text{ Cm} +$ تعیین موقعیت شده باشد و در طی انجام توجیه مطلق دوباره توسط نرم افزار یا دستگاهی دیگر از توجیه همان نقطه با دقت $20 \text{ Cm} -$ تعیین موقعیت شود. از اینرو مناسب تر آن است که بدون ایجاد هر گونه تغییراتی در فایل خروجی مثلث بندی برای کار تبدیل را انجام داد که این عمل موجب یکپارچه گی بین دقت های حاصله از مثلث بندی و تبدیل می شود.

۲- مساله دیگر که از اهمیت زیادی برخوردار است مساله زمان و صرفه جویی در آن می باشد.

با در دست داشتن اطلاعات مربوط به مثلث بندی در قالب PAT-B دیگر نیازی به صرف زمان برای انجام توجیه مطلق نمی باشد و می توان مدلها را در زمانی کوتاه، بر طبق دقت های حاصله از مثلث بندی احیاء نمود. البته برای احیاء مدلها بایستی مدت زمان لازم برای خواندن تصاویر به داخل نرم افزار را در نظر گرفت که معمولاً در مواقعی که تصاویر از روی هارد دیسک خوانده می شوند این زمان برای هر تصویر، با حجم 100 مگا بایت، از 30 ثانیه بیشتر تجاوز نخواهد کرد. با در اختیار داشتن نرم افزاری رقومی مانند PHOTOMOD اگر چنانچه مدلها دارای مشکل خاصی از لحاظ توجیحات (مانند اختلاف مقیاسهای شدید و مشکل اسکن تصاویر) نباشند در یک روز کاری می توان حدود 20 مدل را بصورت دستی و تک به تک توجیه کرد، در صورتیکه برای Load کردن 100 مدل بطور یکجا از طریق فرمت PAT-B جمعاً زمانی حدود 2 ساعت مورد نیاز می باشد. لازم بذکر است که این زمان شامل خواندن تصاویر و انجام محاسبات می باشد و می توان گفت پروسه توجیه از طریق PAT-B 20 برابر سریعتر از حالت دستی می باشد.



شکل ۷: بلوک فوق مربوط به کشور ایالت متحده آمریکا می باشد که با دوربین رقومی DMC عکسبرداری آن انجام شده است و توسط نرم افزار Intergraph مثلث بندی شده و شرکت مهندسین مشاور فرازمین (www.farazamin.com) کار تبدیل این بلوک را در نرم افزار PHOTOMOD بدون انجام توجیحات دستی و با بهره گیری از فرمت PAT-B ، انجام داده است.



شکل ۸: بلوک فوق متشکل از تصاویر اسکن شده سازمان نقشه برداری می باشد که از طریق فایل‌های مثلث بندی در قالب PAT-B بدون انجام توجیحات دستی، کل مدلها در آن load شده است.

✓ نظارت بر کار شرکتهای مشاور فتوگرامتری

همانطور که می دانیم سازمان نقشه برداری علاوه بر مثلث بندی بلوک های عکسبرداری شده، مسولیت کنترل و نظارت بر کار شرکتهای مشاور فتوگرامتری را نیز بر عهده دارد. یکی از راههای که می توان فایل ترسیم شده را با مدل سه بعدی مربوطه مورد مقایسه قرار داد، بهره گیری از اطلاعات مثلث بندی در قالب PAT-B می باشد. قسمت نظارت فتوگرامتری سازمان نقشه برداری کشور با در اختیار داشتن نرم افزار کاملا رقومی که قابلیت بازسازی کل بلوک مثلث

بندی شده را داشته باشد، می تواند از طریق دسترسی به فایل‌های مثلث بندی و وارد ساختن آنها در این نرم افزار، کلیه مدلها را براساس دقت‌های حاصله از مثلث بندی احیاء نموده و از طریق برجسته بینی کار کنترل و نظارت را انجام دهد. با در اختیار داشتن چنین سیستم‌هایی که توانایی احیاء کل مدل‌های موجود در یک بلوک مثلث بندی شده را دارند، می توان از مزایای زیر در زمینه کنترل و نظارت برخوردار بود.

- ۱- تطابق مدل با شیت ترسیم شده توسط شرکت‌های مشاور جهت کشف عوارض ترسیم نشده توسط ان شرکت
- ۲- علاوه بر کنترل مدل از لحاظ تفسیری می توان از نقطه نظر هندسی نیز عوارض ترسیم شده را مورد بررسی قرار داد. بفرض مثال می توان منحنی میزانهای ترسیم شده را از لحاظ ارتفاعی با مدلی که براساس فایل‌های مثلث بندی بدون انجام توجیحات داخلی، نسبی و مطلق بازسازی شده است کنترل نمود.
- ۳- بدلیل اینکه متولی مثلث بندی هوایی سازمان نقشه برداری می باشد، در صورتیکه قسمت نظارت جهت بازسازی از اطلاعات مثلث بندی استفاده نموده باشد، شیت‌های ترسیم شده توسط شرکت‌های مشاور بر اساس توجیحات و محاسبات سازمان نقشه برداری کنترل خواهد شد. حسن این کار در این است که توجیحات نسبی و مطلق شرکت‌های مشاور نیز که بصورت دستی انجام می شود، مورد ارزیابی و کنترل مجدد قرار خواهد گرفت.
- ۴- معمولاً در نرم افزارهای کاملاً رقومی امکان تغییر پارامترهای روشنای و کنتراست تصویر، بدون نیاز به فتوشاپ، در خود نرم افزار موجود می باشد. از اینرو می تواند در حین کنترل مدلها از این گونه امکانات نیز برخوردار بود.

جمع بندی

مثلث بندی سازمان نقشه برداری از افراد مجرب، تحصیل کرده و با سابقه چندین ساله در امر مثلث بندی بهره می جوید. نتایج کار این گروه ورزیده در قسمت مثلث بندی فایل‌هایی است که حاوی مختصات دقیق زمینی و عکسی نقاط کنترل سرشکن شده می باشد. تا کنون روند کار شرکت‌های مشاور فتوگرامتری بدین گونه بوده است که با دریافت فایل مختصات زمینی نقاط کنترل از بخش مثلث بندی و همچنین تصاویر اسکن شده مربوطه، اقدام به انجام دوباره توجیحات می نموده و مدلها را بعد از ترسیم و ویرایش به سازمان نقشه براری جهت کنترل و نظارت ارسال می نمایند. حال در صورتیکه شرکت‌های مشاور مجهز به نرم افزار کاملاً رقومی فتوگرامتری باشند، می توانند با دریافت فایل‌های مثلث بندی در قالب PAT-B (شامل مختصات عکسی و زمینی سرشکن شده نقاط کنترل) بدون انجام توجیحات نسبی، مطلق و گاهی داخلی کلیه مدلها را بازسازی نموده و ترسیم نمایند. از طرف دیگر قسمت کنترل و نظارت فتوگرامتری نیز با در اختیار داشتن چنین امکاناتی می تواند مدلها را بازسازی نموده و شیت‌های ترسیم شده توسط شرکتها را روی مدل‌های مربوطه انداخته و کار کنترل را روی مدل سه بعدی با دید برجسته بینی انجام دهد.

منابع

راهنمای کاربر نرم افزار فتومد <http://www.nprco.com/photomod.htm>
پروژه‌های انجام شده توسط شرکت فرازمین با نظارت سازمان نقشه برداری <http://www.farazamin.com>