| | |
|---|---|
| **إنشاء شبكة التصريف المائية أوتوماتيكيا من نماذج الارتفاعات الرقمية**<br><br>**"البادية الشمالية في الأردن –حاله دراسية"** | **نايف الروسان – جامعة مؤتة – قسم الجغرافيا** |

## ملخص


يُعد نموذج الارتفاعات الرقمية ببساطة خريطة رقمية من بيانات الارتفاعات. وتتكون هذه البيانات من خلايا تربيعية ذات أحجام متساوية كل خلية لها ارتفاعها الخاص بها. وتوجد عدة استخدامات وتطبيقات لنماذج الارتفاعات الرقمية مثل التطبيقات الهندسية والعلمية. وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم القدرة على استخلاص شبكة التصريف المائية من نموذج الارتفاعات الرقمية الذي تم إنتاجه من زوج مجسم من صور القمر الصناعي سبوت SPOT .تم مقارنة هذه البيانات مع شبكة التصريف المائية التي تم ترقيمها من الخرائط الطبوغرافية من مقياس ١:٥٠٠٠٠ بنظام UTM ونظام JTM. وتقع منطقة الدراسة في البادية الشمالية من الأردن ، وتبلغ مساحتها ١٢٠كم٢ . وبالنسبة لشبكات التصريف المائية لمنطقة الدراسة فان الاهتمام قد تركز على اشتقاق هذه الشبكات بطريقة آلية. وعلى أية حال فان هذا يطرح تساؤلا عن حساسية البيانات الخاصة بالأودية بمصداقية نموذج الارتفاعات الرقمية. تم استخراج نموذج الارتفاعات الرقمية من زوج مجسم من مرئيات القمر الصناعي سبوت باستخدام برنامج

**EASI/PACE**. فقد تم استخدام ٣٤ نقطة إحكام أرضية و ١٠ نقاط فحص الدقة **CHECK POINTS** للقيام بالتصحيح الهندسي للزوج المجسم من مرئيات القمر الصناعي سبوت.وكانت نتيجة الجدر التربيعي لمتوسط مربع الأخطاء البلانمترية للمرئي الأيسر ± ٨,٧٦م لنقاط الإحكام الأرضية و ٢٤م عند نقاط فحص الدقة، والمرئي الأيمن ±٩,٦٣م عند نقاط الإحكام و± ٢٤,٦٩ م وكانت مصداقية فحص دقة الارتفاع من نموذج الارتفاعات الرقمي ة± ٣م عند نقاط الإحكام و ± ٤,٧٨م عند نقاط فحص الدقة .

استخدم برنامج **DWCON** من برنامج **EASI/PACE**. ويعد هذا البرنامج إجراء شرطياً لتحليل شبكات التصريف المائية كما طبق نموذج الارتفاعات الرقمية لإنتاج أربعة مجموعات متتالية من البيانات الضرورية لتحليل شبكات التصريف المائية: مجموعة بيانات ارتفاعات رقمية مع ملئ جميع المنخفضات، مجموعة بيانات تشير إلى اتجاه الجريان لكل بكسل، مجموعة بيانات للجريان التراكمي والتي فيها كل بيكسل تتلقى قيمة تساوي العدد الكلي للخلايا التي تصرف مياهها إليها، والمجموعة الرابعة والتي فيها كل بيكسل تساوي الزيادة في القيمة التراكمية في اتجاه الجريان. وتم استخدام برنامج **Drain** لتحديد شبكات التصريف المائية. كما تم ترقيم شبكات التصريف المائية للمنطقة نفسها من خارطة الأرتين الطبوغرافية من مقياس ١:٥٠٠٠٠ بنظام إحداثيات **UTM** ونظام إحداثيات **GTM** الأردني. وقد أظهرت نتائج طبع شبكة التصريف المائية التي تم ترقيمها من الخرائط الطبوغرافية فوق شبكة التصريف المائية التي تم استخلاصها من نموذج

الارتفاعات الرقمية بان شبكة التصريف المائية المنتجة من نمـوذج الارتفاعات الرقمية أظهرت تطابقاً قريباً ولا تتطابق تمامـا مـع الشبكة التي تم ترقيمها. ويعزى عدم التطابق التام إلـى عـاملين، العامل الأول يعود إلى دقة نموذج الارتفاعات الرقميـة والعـامل الآخر يعود إلى التأثر بعامل التضاريس حيث أظهرت تطابقاً فـي التضاريس البارزة وعدم تطابق في المناطق المنبسطة والتي ربمـا تم شق القنوات المائية في المناطق المحيطة وان الاختـلاف فـي الارتفاع ربما مثل بطريقة رديئة في نموذج الارتفاعات الرقمية.

# Automatic Extraction of Streams from Digital Elevation Model:

## A Case Study in North Badia-Jordan


### Abstract

A digital Elevation Model is simply a digital map of elevation data. These data made up of equally sized gridded cells each of which with a unique elevation. There are many uses and applications of DEMs such as engineering and scientific applications. The present study aims to evaluate the ability of extracting stream network using DEM extracted from SPOT satellite stereo-pairs. The data extracted from DEM were compared with stream network digitized from UTM and JTM 1:50000 scale topographic maps. The study area is located in North Badia consisting of 120- km sq. For the stream networks of the study area greater attention was paid to deriving such networks automatically. However this raises the question of how sensitive stream data is to uncertainty in elevation models from which they are derived. DEM of the study area has been extracted from stereo model of SPOT images using EASI/PACE system. The thirty- four ground control points and 10 checkpoints have been used for geometric correction of the stereo model. Geometric accuracy test of RMSE of planimetry for the left image shows ± 8.76 m at the GCPs and ± 24.00 m at the check points, while the right shows ± 9.63m at the GCPS and ±24.00 m at the check points The validation accuracy test of the extracted gridded 20 m resolution DEM show an accuracy test of heights ±

3.11 m at the GCPs, and ± 4.78 m at the check points. From the EASI/PACE system a DWCON program have been used. This program is a conditioning procedure for drainage network analysis, and the DEM has been applied in this program to produce the following four data sets that are required for subsequent drainage analysis: a digital elevation data set with depressions filled; a data set indicating the flow direction for each pixel; a flow accumulation data set in which each pixel receives a value equal to the total number of cells that drain to it; and a fourth data set in which each pixel equals the increase in the accumulation value in the flow direction. A drain program has been used to locate drainage networks.

A digitize drainage from1:50000 scale Al-aretain topographic maps of the same area of UTM and JTM. The results of the superimposed drainage digitized from the topographic maps over the drainage extracted from the DEM show that DEM delineated streams are usually close to but not coincide with mapped streams. Two main factors affected the disagreement. The first factor is related to the accuracy of the DEM. The second factor is affected by topography in which the pronounced topography showed agreement where the flat one showed disagreement. The streams agree in areas of pronounced topography and disagree in flat area. In level areas, the stream channels may be cut into surrounding terrain and the difference in elevation would poorly represented in the DEM.

## مقدمة

تُعد فكرة إنشاء نماذج الارتفاعات الرقمية من التطورات الحديثة نسبيا. ويعزى هذا المصطلح إلى اثنين من المهندسين الأمريكيين كانا يعملان في معهد التكنولوجيا في مساشوستس (Massachusetts) في أواخر الخمسينيات. ويعد نموذج الارتفاعات الرقمية كما عُرف من قبلهما بأنه تمثيل إحصائي لسطح مستمر من الأرض بأعداد ضخمة من النقاط المختارة بإحداثيات معروفة.

ولنماذج الارتفاعات الرقمية العديد من التطبيقات في مختلف الفروع العلمية عندما يتطلب تحليلا ثلاثي الأبعاد للظواهر التضاريسية، كما كان للتركيب العددي لنماذج الارتفاعات الرقمية الأثر في تطوير الإجراءات الأوتوماتيكية لاستخراج الظواهر الطبوغرافية مثل الانحدارات واتجاهاتها وكذلك القنوات المائية. ففي مجال الخرائط الطبوغرافية فإن التمثيل الرقمي للتضاريس يشكل أحد العناصر الأساسية في العملية الخرائطية. فقد استخدمت نماذج الارتفاعات الرقمية المستخرجة من الصور الجوية المجسمة أو من المرئيات الفضائية المجسمة في مجالات إنتاج خطوط الكنتور أو في مجال إنتاج خرائط مصورة (Orthoimage) خالية من إزاحة التضاريس. كما استخدمت في إنتاج تضاريس مظللة (Shaded relief) وخرائط الانحدارات واتجاهاتها (Slope & aspect). واستخدمت نماذج الارتفاعات الرقمية أيضا في المجالات العسكرية إذ أن فهم تضاريس الأرض ذو أهمية

كبرى للقـــادة العســكريين فـــي مجـــال تحديـــد تبـــادل الرؤيـــا (intervisibility) وفي تحليل الأرض لمعرفة قابليتـــها لحركـــة الآليات العسكرية وتحديد افضـــل المواقـــع للـــرادارات وأمـــاكن الصواريخ وأماكن إقامة معدات الاتصـــالات. أمـــا فـــي المجـــال الهندسي فقد استخدمت في تصميم الطرق السريعة وخطوط السكك الحديدية وتقدير كميـــات الحفـــر والـــردم. واسُـــتخدمت نمـــاذج الارتفاعات الرقمية أيضا في مجال الخرائط الجيولوجية والدراسات الجيوفيزيائية وذلك لنمذجة السطوح السفلية لتحديد بعض الطبقـــات الجيولوجية، وكذلك تستخدم في مجال هندسة التعدين لتقدير الكميات في المناجم. وتم استخدامها أيضا في مجال المياه في تحديد أعمـــاق البحار وفي إنتاج شبكات التصريف المائية.

**مبررات الدراسة**

استخدمت نماذج الارتفاعات الرقمية في كثير من التطبيقات ومنها تحديد شبكات التصريف المائية بطريقة آلية وكان معظم هذه النماذج ما انتج بصورة آلية (**Automated**) من أزواج الصـــور الجوية أو من الخطوط الكنتورية. أما نماذج الارتفاعات الرقميـــة المستخرجة من المرئيات الفضائية المجسمة بطريقـــة آليـــة فـــإن استخدامها قليل سواء كان في إنتاج خطوط كنتورية أو في إنتـــاج شبكات التصريف المائية نظرا لارتفاع أثمانـــها ولا يقـــدر علـــى امتلاكها إلا المؤسسات الخرائطية أو مراكز البحوث في الجامعات. كما تتطلب نقاط إحكام أرضية غاية في الدقة. لم يتم استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية المستخرجة من المرئيات الفضائية المجسمة في

الأردن في تحديد شبكات التصريف المائية بطريقة آلية، وهذا يطرح السؤال التالي: هل يمكن أن تكون شبكات التصريف المائية المنتجة بهذه الطريقة بديلا عن الطريقة الفوتوغرامترية في ترسي هذه الشبكة ونظرا لما تتوافر لدى الباحث من معلومات عن منطقة الدراسة تتمثل في المرئيات الفضائية المجسمة، ونقاط الإحكام الأرضية الدقيقة، فقد اختار الباحث منطقة في شمال شرق الأردن (الأرتين) لإنتاج شبكة تصريف مائية من نموذج الارتفاعات الرقمية المستخرج من زوج من مرئيات القمر الصناعي **SPOT** المجسمة.

**أهداف الدراسة:**

١.تهدف هذه الدراسة إلى إنتاج شبكة التصريف المائية الخاصة بمنطقة الدراسة من نموذج الارتفاعات الرقمية بطريقة آلية باستخدام برنامج **EASI/PACE** من شركة **PCI** الكندية.

٢.اختبار مدى فعالية هذا البرنامج ودقة النتائج في إنتاج شبكة التصريف المائية لمنطقة الدراسة عن طريق طبع (**Superimposed**) شبكة التصريف المائية المنتجة آليا من نموذج الارتفاعات الرقمية المستخرج من مرئيات **SPOT** المجسمة وشبكة التصريف المائية الموجودة على خرائط مقياس ١:٥٠٠٠٠ لنفس المنطقة بنظام إحداثيات **UTM** ونظام إحداثيات **JTM** الأردني والتي تم ترقيمهما باستخدام برنامج **ARC/INFO**.

٣ .امكانية تعميم استخدام الطرق الآلية في إنتاج شبكات التصريف المائية في الخرائط الطبوغرافية.

**الدراسات السابقة:**

لم يتم إجراء دراسات سابقة على المنطقة نفسها، كما لم يتم إجراء أية دراسة من هذا النوع في الأردن باستخدام المرئيات الفضائية المجسمة لإنتاج نموذج الارتفاعات الرقمية واستخراج شبكات التصريف المائية من هذه النماذج. وقد اقتصرت الدراسات السابقة على الدراسة التي قام بها عاشور (١٩٩٨)م بإنتاج شبكة التصريف المائية لوادي راجل في البادية الشمالية باستخدام نموذج ارتفاعات رقمية من كنتورات المنطقة الموجودة على خرائط مقياس ١:٥٠٠٠٠ وباستخدام برنامج **ARC/INFO**.

**منهجية الدراسة:**

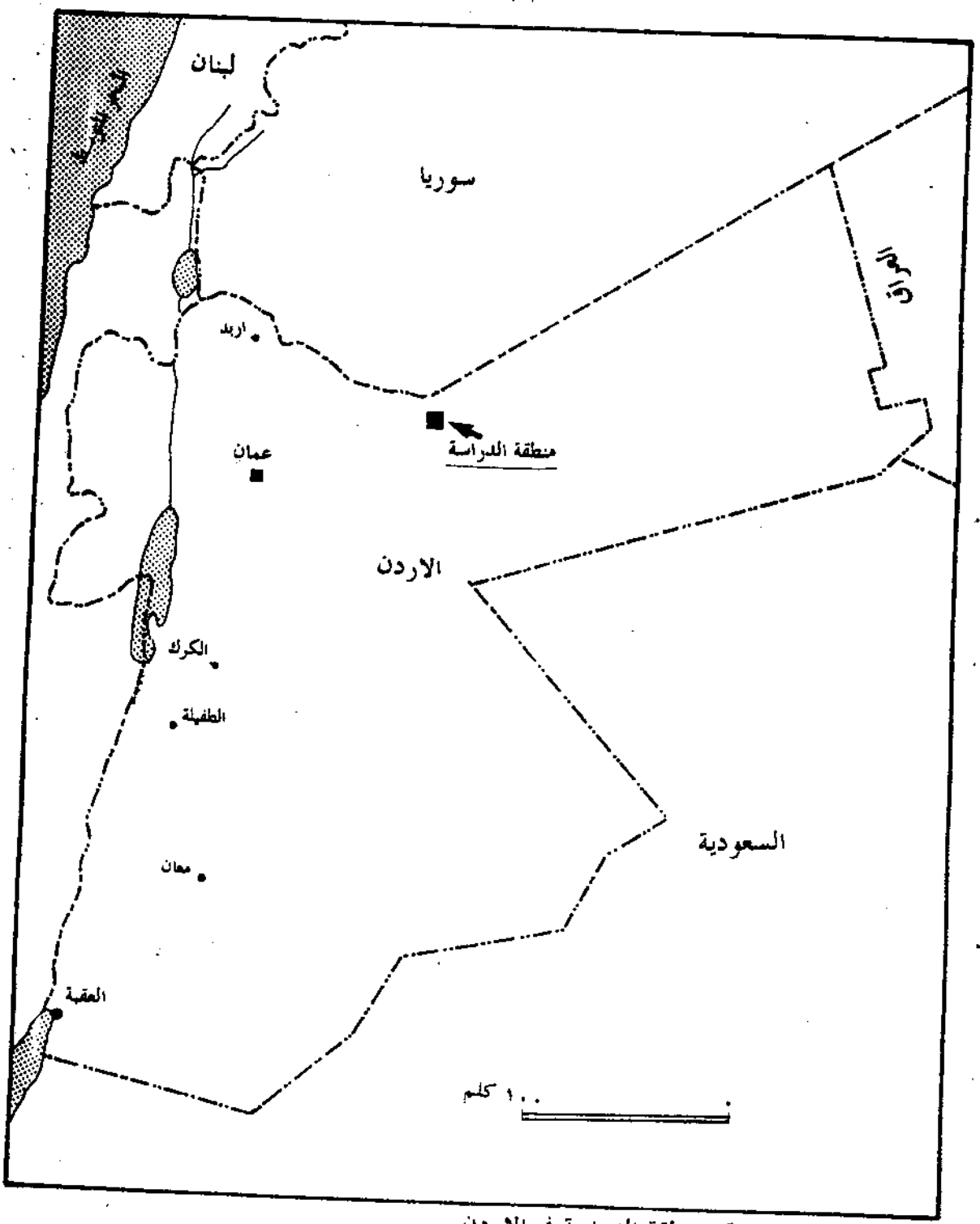
استخدم في الدراسة زوج مجسم من المرئيات الفضائية للقمر الصناعي الفرنسي **SPOT** يغطي منطقة الدراسة والمناطق المجاورة لها. واستخدمت ٣٤ نقطة إحكام أرضية (**Ground Control Points**) و ١٠ نقاط استخدمت كنقاط فحص الدقة (**Check points**) رصدت بأجهزة (**GPS**) لكل من الصورة اليمنى واليسرى بإحداثيات **X, Y,Z** بنظام **UTM** وذلك لتصحيح المرئيات من الأخطاء الهندسية (**Geometric Correction**) واستخدم أحد برامج **EASI/PACE** المسمى (**SMODEL**)

بعد التصحيح تمت معالجة المرئيات لاستخراج نموذج الارتفاعات الرقمية باستخدام **SDEM** أحد برامج **EASI/PACE**. كما تم اخذ نافذة من نموذج الارتفاعات الرقمية تضمنت منطقة الدراسة لكي يتم معالجتها في أحد البرامج الفرعية التابعة لبرنامج **EASI/PACE** والمسمى برنامج **DWCON** لإنتاج أربع مجموعات من البيانات متطلبا مسبقا لبرامج تحليل شبكات التصريف المائية اللاحقة. كما استخدم برنامج **DRAIN** لتحديد شبكات التصريف من نموذج الارتفاعات الرقمية.

لقد رقمت شبكات التصريف المائية لمنطقة الدراسة الموجودة على خارطة الارتين مقياس ١:٥٠٠٠٠ بنظام إحداثيات **UTM** ونظام **JTM** باستخدام طاولة الترقيم وبرنامج **ARC/INFO** وبعد ذلك أدخلت إحداثيات منطقة الدراسة بنظام **UTM** ومن ثم أرسل الملف الخاص بشبكة التصريف المائية إلى برنامج **EASI/PACE** وطوبق مع شبكة التصريف المائية المنتجة من نموذج الارتفاعات الرقمية. واجريت مطابقة بين شبكة التصريف المائية التي رقمت من خرائط **UTM** مع شبكة التصريف المائية التي رقمت بنظام **JTM** الأردني.

**منطقة الدراسة:**

تقع منطقة الدراسة شمال شرقي الأردن في منطقة جبل الارتين (شكل ١) ويحدها شمالا جبل الأصفر. وتنحدر من تل الأصفر مجموعة من الأودية الطولية المتوازية الصغيرة باتجاه




شكل رقم ( ١ ) موقع منطقة الدراسة في الاردن.

الجنوب وتتصف بكثرة التشعب.كما تتصف المنطقة بطبيعتها الصحراوية البركانية المغطاة بطفوح بازلتية انسيابية قديمة.

**استخراج نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM Extraction)**

يمكن تعريف نموذج الارتفاعات الرقمية بأنه تمثيل رقمي للاختلافات المستمرة للتضاريس في الفضاء (**Burrough, 1990**) ويمكن تخزينه على شكل نقاط معروفة الإحداثيات **X, Y, Z** موزعة بشكل منتظم وتفصل بينها مسافات متساوية. وينتج نموذج الارتفاعات الرقمية بتلبيس سطح رياضي إلى مجموعة من النقاط معروفه الارتفاع. واستخدم برنامج **EASI/PACE** في إنتاج نموذج الارتفاعات الرقمية وتمت عملية الإنتاج حسب التسلسل التالي:

١.ادخلت الصورة اليمنى واليسرى من مرئيات القمر الصناعي SPOT والمسجلة على **CD-ROM** إلى الحاسب باستخدام برنامج (**CDSPOT**).

٢. لاشك بان كل المرئيات الرقمية سواء التقطت بالطائرات أو بالأقمار الصناعية تحتوي على عيوب أو أخطاء هندسية تجعلها غير صالحة كخريطة. وهنالك نوعان من العيوب أو التشوهات منها ما هو معروف مسبقا ويعزى إلى الخواص الداخلية للمستشعر، والارتفاع، والسرعة، وحركة المركبة، ودوران الأرض، وكلها تصحح في محطات الاستقبال الأرضية، ويحتوي كل مرئي في هذه الحالة على إحداثيات طولية وعرضية واحدة على الأقل. أما العيوب أو التشوهات المتبقية بعد التصحيح الأولي

في محطات الاستقبال الأرضية فتعزى إلى وضع المركبة الفضائية (Position & attitude) إذ تكون مسجلة مع معلومات المرئي على شريط ويلزمها نقاط إحكام أرضية لتصحيحها.

استخدم برنامج (GCP WORK) في إدخال نقاط الإحكام الأرضية (GCPs) والبالغ عددها ٣٤ نقطة رصدت بأجهزة GPS وبنظام إحداثيات UTM كما استخدمت ١٠ نقاط إحكام أرضية لتقدير الدقة (Check Points) ولم تدخل في الحسابات، وقد وزعت نقاط الإحكام الأرضية بشكل مبعثر على بعض المعالم المعروفة، والظاهرة على الصورة اليمنى واليسرى كل على حده وعلى الأخص تقاطعات الطرق والأودية وبعض المعالم ذات الأشكال التضاريسية حادة الحواف.

واستخدم برنامج (SMODEL) لإجراء التصحيح الهندسي (Geometric Correction) من حيث التوجيه والتعديل لكل مرئي باستخدام المعلومات المدارية ومعلومات عن حالة المستشعر، وكذلك نقاط الإحكام الأرضية إذ أن كل مرئي يتلاءم (fitted) مع نقاط الإحكام الأرضية بطريقة Space resection للصورة اليمنى واليسرى، وكانت نتائج الجذر التربيعي لمتوسط مربع الأخطاء (RMSE) البلانيمترية للصورة اليسرى ± ٨,٧٦م عند نقاط الإحكام و ± ٢٠٤م عند نقاط فحص الدقة(جدول ١)، والصورة اليمنى ±٩,٦٣ م لنقاط الإحكام الأرضية، أما نقاط (Check Points) فقد كانت للصورة اليمنى ± ٢٤,٦٩ م (جدول ٢).

SMODEL Satellite Model Calculation V6.2 EASI/PACE

Using GCPs stored in the GCP segment :

| GCPID | CALCULATED GCP | | RESIDUE (Metre) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y | RMS |
| 101 | 308541.92 | 3559860.77 | 2.08 | 9.65 | 9.87 |
| 112 | 309288.80 | 3582166.07 | -0.85 | 1.10 | 1.39 |
| 113 | 304305.55 | 3580960.03 | 0.61 | -12.77 | 12.79 |
| 111 | 300738.43 | 3576794.01 | 3.48 | 7.48 | 8.25 |
| 114 | 297514.06 | 3574017.35 | 12.33 | 7.04 | 14.20 |
| 123 | 282551.57 | 3570249.60 | -2.64 | -6.82 | 7.31 |
| 119 | 284548.85 | 3563605.90 | -3.06 | 1.72 | 3.51 |
| 124 | 284227.61 | 3556252.00 | 5.88 | -4.55 | 7.44 |
| 135 | 279720.76 | 3554363.75 | -5.75 | -7.10 | 9.14 |
| 136 | 282124.70 | 3547221.45 | 3.87 | 0.67 | 3.92 |
| 133 | 278854.62 | 3542814.59 | -4.19 | 2.75 | 5.01 |
| 140 | 281951.16 | 3535719.16 | 11.04 | -0.88 | 11.08 |
| 141 | 292956.33 | 3536495.92 | -1.17 | 4.50 | 4.65 |
| 142 | 292461.31 | 3547660.83 | -10.51 | -0.91 | 10.54 |
| 137 | 292716.16 | 3551492.32 | -10.45 | -10.41 | 14.75 |
| 163 | 304901.01 | 3532791.70 | 4.62 | 8.92 | 10.04 |
| 162 | 308304.87 | 3542492.89 | 9.43 | 4.66 | 10.52 |
| 146 | 322962.77 | 3563356.05 | -5.44 | 3.17 | 6.30 |
| 148 | 330981.83 | 3561093.96 | -5.19 | -9.24 | 10.60 |
| 158 | 328330.02 | 3556596.96 | -0.47 | -3.60 | 3.63 |
| 157 | 327572.46 | 3553040.11 | 11.25 | -3.46 | 11.77 |
| 151 | 313526.13 | 3552934.24 | -8.78 | 5.71 | 10.47 |
| 152 | 309241.02 | 3554857.65 | -8.03 | 0.96 | 8.09 |
| 154 | 329680.45 | 3548191.66 | 1.19 | 6.69 | 6.79 |
| 159 | 325744.96 | 3543788.78 | -0.66 | -7.34 | 7.37 |
| 164 | 320102.88 | 3536360.71 | -0.72 | -1.88 | 2.01 |
| 125 | 325230.22 | 3568545.54 | -7.08 | 2.62 | 7.55 |
| 149 | 336875.74 | 3557835.87 | 8.30 | -2.18 | 8.58 |
| 129 | 338779.11 | 3569546.53 | 4.41 | -4.48 | 6.29 |
| 126 | 326816.97 | 3574682.84 | 10.11 | 1.30 | 10.19 |
| 168 | 321497.25 | 3574931.99 | -1.27 | 7.07 | 7.18 |
| 127 | 330678.34 | 3582055.04 | 1.04 | 6.34 | 6.42 |
| 145 | 345746.50 | 3571769.59 | -0.54 | 1.36 | 1.47 |
| 150 | 343645.57 | 3563014.72 | -12.40 | -2.37 | 12.63 |
| 155 | 337167.05 | 3549821.02 | -0.43 | -5.71 | 5.73 |
| | | RMS | 6.56 | 5.80 | 8.76 |

RESIDUE ERRORS FOR CHECK POINTS:

| GCPID | CALCULATED CHECK POINT | | ERRORS (Metre) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y | RMS |
| -102 | 300931.72 | 3557083.04 | -9.90 | 15.54 | 18.42 |
| -110 | 295856.55 | 3566660.30 | 14.64 | -14.90 | 20.90 |
| -116 | 284858.37 | 3573783.10 | 6.91 | 19.44 | 20.63 |
| -118 | 290499.39 | 3561265.60 | -15.01 | 6.79 | 16.48 |
| -153 | 320684.85 | 3549825.77 | -19.50 | 3.89 | 19.88 |
| -167 | 330455.64 | 3528359.06 | -36.21 | 2.49 | 36.30 |
| -166 | 330258.21 | 3534953.53 | -20.17 | -7.49 | 21.51 |
| -165 | 317498.40 | 3530725.16 | -24.06 | -9.71 | 25.95 |
| -169 | 318555.90 | 3586707.16 | 24.68 | -4.44 | 25.07 |
| -171 | 313701.55 | 3569822.94 | -2.86 | -15.60 | 15.86 |
| | | RMS | 20.76 | 12.12 | 24.04 |

جدول (١)

| | SMODEL Satellite Model Calculation GCPID X | CALCULATED GCP Y | RESIDUE (Metre) X | Y | V6.2 EASI/PACE RMS |
|---|---|---|---|---|---|
| 101 | 308537.56 | 3559859.40 | 7.11 | 11.02 | 13.11 |
| 112 | 309279.96 | 3582171.49 | 7.98 | -4.33 | 9.08 |
| 113 | 304315.88 | 3580948.40 | -9.72 | -1.14 | 9.79 |
| 111 | 300739.87 | 3576796.47 | 2.03 | 5.03 | 5.42 |
| 114 | 297514.21 | 3574021.68 | 12.19 | 2.71 | 12.49 |
| 123 | 282549.80 | 3570242.35 | -0.86 | 0.43 | 0.97 |
| 124 | 284231.35 | 3556251.85 | 2.15 | -4.40 | 4.90 |
| 135 | 279719.40 | 3554359.16 | -4.39 | -2.51 | 5.05 |
| 133 | 278860.73 | 3542814.14 | -10.30 | 3.19 | 10.78 |
| 136 | 282125.43 | 3547222.45 | 3.13 | -0.33 | 3.15 |
| 163 | 304909.73 | 3532787.41 | -4.10 | 13.21 | 13.83 |
| 141 | 292946.21 | 3536494.87 | 8.95 | 5.54 | 10.53 |
| 142 | 292466.46 | 3547663.41 | -15.65 | -3.49 | 16.04 |
| 137 | 292709.63 | 3551496.81 | -3.92 | -14.90 | 15.41 |
| 140 | 281953.34 | 3535724.41 | 8.87 | -6.14 | 10.79 |
| 146 | 322964.65 | 3563357.63 | -7.32 | 1.60 | 7.49 |
| 148 | 330982.78 | 3561090.02 | -6.15 | -5.31 | 8.12 |
| 158 | 328333.13 | 3556590.45 | -3.59 | 2.91 | 4.62 |
| 154 | 329680.36 | 3548195.88 | 1.28 | 2.47 | 2.78 |
| 157 | 327581.71 | 3553032.31 | 1.99 | 4.34 | 4.77 |
| 159 | 325740.73 | 3543785.78 | 3.57 | -4.35 | 5.63 |
| 151 | 313533.68 | 3552937.73 | -16.33 | 2.23 | 16.48 |
| 152 | 309232.36 | 3554854.82 | 0.63 | 3.79 | 3.84 |
| 164 | 320099.54 | 3536361.69 | 2.62 | -2.85 | 3.87 |
| 162 | 308307.58 | 3542493.32 | 6.72 | 4.23 | 7.94 |
| 149 | 336870.05 | 3557832.71 | 13.99 | 0.97 | 14.02 |
| 150 | 343642.68 | 3563013.51 | -9.51 | -1.16 | 9.58 |
| 129 | 338780.95 | 3569550.65 | 2.56 | -8.60 | 8.98 |
| 125 | 325227.26 | 3569549.33 | -4.12 | -1.17 | 4.29 |
| 145 | 345743.65 | 3571770.38 | 2.31 | 0.57 | 2.38 |
| 126 | 326810.31 | 3574673.55 | 16.76 | 5.59 | 17.67 |
| 127 | 330680.89 | 3582057.21 | -1.51 | 4.17 | 4.44 |
| 168 | 321504.31 | 3574938.11 | -8.33 | 0.95 | 8.38 |
| 128 | 331370.57 | 3573361.60 | -7.31 | 0.73 | 7.35 |
| 103 | 294881.73 | 3559728.23 | 7.56 | -3.34 | 8.26 |
| 155 | 337165.93 | 3549826.97 | 0.69 | -11.66 | 11.68 |
| | | RMS | 7.85 | 5.58 | 9.63 |

RESIDUE ERRORS FOR CHECK POINTS:

| | GCPID X | CALCULATED CHECK POINT Y | ERRORS (Metre) X | Y | RMS |
|---|---|---|---|---|---|
| -102 | 300925.01 | 3557096.79 | -3.20 | 11.79 | 12.22 |
| -110 | 295869.06 | 3566646.01 | 2.14 | -0.62 | 2.23 |
| -116 | 284850.17 | 3573790.45 | 15.11 | 12.10 | 19.36 |
| -166 | 330253.73 | 3534948.90 | -15.68 | -2.66 | 15.94 |
| -165 | 317496.11 | 3530726.87 | -21.78 | -11.41 | 24.59 |
| -169 | 318565.78 | 3586711.67 | 14.80 | -8.95 | 17.29 |
| -118 | 290535.20 | 3561262.76 | -50.82 | 9.63 | 51.73 |
| -153 | 320678.83 | 3549831.52 | -13.47 | -1.86 | 13.60 |
| -171 | 313697.83 | 3569825.49 | 0.86 | -18.15 | 18.17 |
| | | RMS | 22.21 | 10.78 | 24.69 |

جدول (٢)

٣.استخدم برنامج Epipolar لتعديل وتحويل الصورة اليمنى (**rectified, & transformed**) مع بقاء الصورة اليسرى دون تعديل لإعطائها شكلا هندسيا على شكل خطوط شبه مستقيمة **Quasi**.

٤.لقد إستخرج نموذج الارتفاعات الرقمية عن طريق استخدام برنامج **SDEM**. وقبل إجراء عملية المعالجة حدد الفاصل بين نقاط الارتفاعات التربيعية (**Grid Points**) كل ٢٠ مترا. ومن الضروري أن يتم في أثناء عملية المعالجة لاستخراج نموذج الارتفاعات الرقمية بان تتطابق (**Match**) جميع النقاط في المرئي (الصورة اليسرى) مع جميع النقاط في المرئي الآخر الذي يتداخل معه (**overlapping**). وتتم المقارنة عادة بين القيم الرمادية في كل من الصورة اليسرى والصورة التي تم تعديلها في المرحلة السابقة بحيث يأخذ في الاعتبار النقاط

أو مجموعة من البيكسل المجاورة للبيكسل التي سيتم المقارنة معها على شكل صفيحة (**Template**). وينتج عن طريق المطابقة معامل ارتباط لكل بيكسل تتروح القيم بين صفر حيث لا يوجد ارتباط وبين واحد بحيث يكون هنالك ارتباط قوي. كما أن الفرق بين موقع البيكسل ذات الارتباط القوي وبين موقع البيكسل الوسطى في الصفيحة هو السبرالكس (**Parallax**) الناتج عن التضاريس، وهو حل فوتوغرامتري تحليلي باستخدام التقاطع الفضائي (**Space Intersection**).

٥. بعد أن تمت حسابات نموذج الارتفاعات الرقمية اجريت فلتره للتخلص من الشوائب والأخطاء الموجودة في نموذج الارتفاعات الرقمية وقد كان الجذر التربيعي لمتوسط مربع الأخطاء في الإرتفاع ± ٣م عند نقاط الإحكام الأرضية و ± ٤,٧٨م عند نقاط فحص الدقة **Check Points** (جدول ٣).كما استخدم نموذج الارتفاعات الرقمية في إنتاج اورثوامج **(Orthoimage)** معدلة وخالية من إزاحة التضاريس وبخصائص هندسية مشابهة للخارطة.

**إنشاء قنوات شبكة التصريف المائية:**

استخدم البرنامج **DWON** وهو أحد البرامج الفرعية في نظام **EASI/PACE** كما انه أول البرامج التي يجب استخدامها في عمليات تحديد شبكات التصريف المائية وأحواضها. وعند تشغيل هذا البرنامج باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية، فقد انتجت أربعة مجموعات من البيانات. في المجموعة الأولى، وقبل استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية في استخراج الظواهر الهيدرولوجية أوتوماتيكيا، ومن المعروف أن نماذج الارتفاعات الرقمية تحتوي دائما على منخفضات تعيق طريق الجريان السطحي والهدف الأساسي من هذه الخطوة هو إجراء تعديل إذ انه لابد من تنظيف نموذج الارتفاعات الرقمية من النقاط الغائرة، حيث يتم تحديد أية نقطة تربيع نقطة غائرة **(Sink)** إذا كان ارتفاعها يساوي أو أقل من ارتفاع النقاط المجاورة في مصفوفة تتألف من ٣ × ٣ من النقاط. كما أن من المفترض أن لكل نقطة غائرة على الأقل نقطة بجوارها تسمى نقطة سرج **(saddle point)**.

RMS Error Report on DEM file

| GCP No. | Image Pixel | Image Line | Input Elev. | Calc. Elev. | Diff Elev |
|---|---|---|---|---|---|
| 101 | 3361 | 2990 | 810.3 | 809.0 | 1.3 |
| 112 | 2912 | 810 | 1094.0 | 1092.0 | 2.0 |
| 113 | 2562 | 1047 | 1154.0 | 1152.0 | 2.0 |
| 111 | 2384 | 1536 | 1105.0 | 1106.0 | -1.0 |
| 114 | 2200 | 1883 | 1060.0 | 1059.0 | 1.0 |
| 123 | 1125 | 2608 | 926.5 | 932.0 | -5.5 |
| 119 | 1435 | 3204 | 836.7 | 837.0 | -0.3 |
| 124 | 1579 | 3924 | 705.6 | 703.0 | 2.6 |
| 135 | 1272 | 4215 | 667.0 | 667.0 | 0.0 |
| 136 | 1626 | 4849 | 611.1 | 605.0 | 6.1 |
| 133 | 1476 | 5354 | 589.2 | 584.0 | 5.2 |
| 141 | 2708 | 5627 | 541.5 | 541.0 | 0.5 |
| 142 | 2415 | 4558 | 675.2 | 676.0 | -0.8 |
| 137 | 2346 | 4181 | 709.0 | 710.0 | -1.0 |
| 163 | 3699 | 5699 | 536.5 | 536.0 | 0.5 |
| 162 | 3735 | 4678 | 603.4 | 602.0 | 1.4 |
| 146 | 4360 | 2304 | 707.8 | 703.0 | 4.8 |
| 148 | 5004 | 2330 | 653.1 | 652.0 | 1.1 |
| 158 | 4909 | 2830 | 646.4 | 647.0 | -0.6 |
| 157 | 4933 | 3193 | 643.2 | 652.0 | -8.8 |
| 151 | 3892 | 3541 | 716.6 | 716.0 | 0.6 |
| 152 | 3527 | 3458 | 751.1 | 748.0 | 3.1 |
| 154 | 5198 | 3612 | 626.0 | 633.0 | -7.0 |
| 159 | 5007 | 4133 | 634.0 | 635.0 | -1.0 |
| 164 | 4757 | 4988 | 627.5 | 627.0 | 0.5 |
| 125 | 4412 | 1746 | 747.5 | 749.0 | -1.5 |
| 149 | 5511 | 2504 | 644.1 | 646.0 | -1.9 |
| 129 | 5391 | 1323 | 720.9 | 724.0 | -3.1 |
| 126 | 4391 | 1113 | 758.2 | 756.0 | 2.2 |
| 168 | 3989 | 1217 | 793.9 | 795.0 | -1.1 |
| 127 | 4510 | 306 | 741.4 | 739.0 | 2.4 |
| 145 | 5854 | 940 | 767.2 | 766.0 | 1.2 |
| 150 | 5893 | 1839 | 701.7 | 701.0 | 0.7 |
| 155 | 5711 | 3274 | 631.5 | 636.0 | -4.5 |

No. of GCP Points within DBIW window : 34

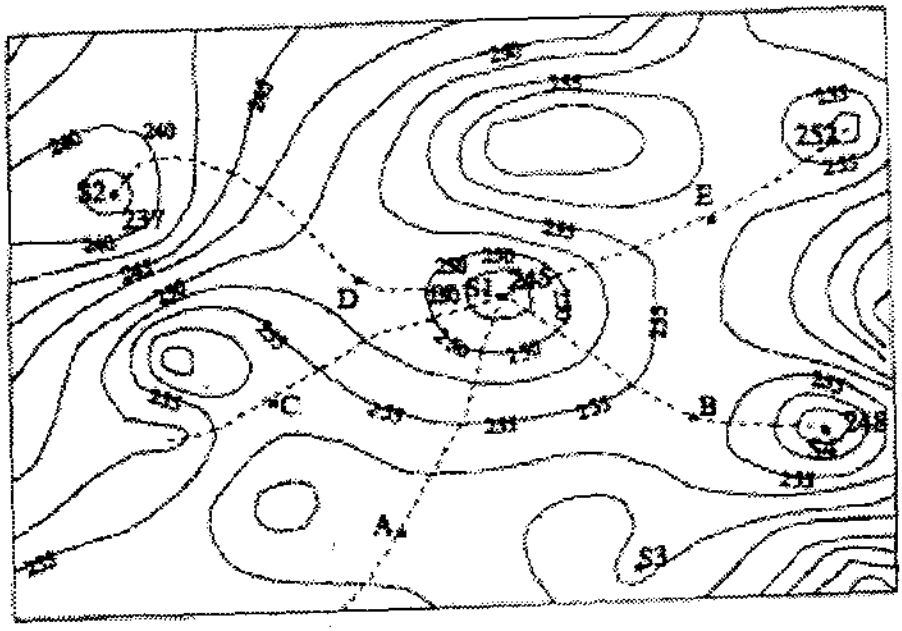
Root Mean Sq. Error of elevation (m) : 3.11009

| Check Pt. | Image Pixel | Image Line | Input Elev. | Calc. Elev. | Diff Elev |
|---|---|---|---|---|---|
| -102 | 2847 | 3442 | 797.7 | 795.0 | 2.7 |
| -110 | 2241 | 2636 | 942.6 | 942.0 | 0.6 |
| -116 | 1223 | 2210 | 990.8 | 992.0 | -1.2 |
| -118 | 1951 | 3288 | 848.0 | 845.0 | 3.0 |
| -153 | 4495 | 3670 | 629.8 | 631.0 | -1.2 |
| -167 | 5699 | 5514 | 596.8 | 607.0 | -10.2 |
| -166 | 5536 | 4880 | 594.1 | 602.0 | -7.9 |
| -165 | 4691 | 5596 | 605.4 | 610.0 | -4.6 |
| -169 | 3504 | 147 | 954.6 | 950.0 | 4.6 |
| -171 | 3524 | 1900 | 886.8 | 886.0 | 0.8 |

Root Mean Sq. Error of elevation (m) : 4.78477

جدول (٣)

ونقطة السرج هي نقطة تربيع (Grid) لها على الأقل نقطتان بجوارها أعلى منها ونقطة أخرى مجاورة ليست أعلى منها (Hutchinson, 1989). ويقوم البرنامج بربط نقاط السرج بالنقاط الغائرة بالبحث باتجاه المنحدرات خارج نقاط السرج حتى يصل إلى النقاط الغائرة. والشكل (٢) يوضح نقاط السوج A، B، C، D مرتبطة مع النقاط الغائرةS1. ثم يتم إدخال سلاسل للربط بين النقاط الغائرة، وهذه السلاسل التي تربط بين النقاط تبدأ حسب تسلسل الارتفاع من الأعلى إلى الأدنى أو حتى تلتقي مع سلسلة ربط أخرى. ويقوم البرنامج بفتح ممر للجريان بين النقاط الغائرة على طول سلاسل الربط بينها، وقد يتطلب الأمر أحيانا تعديل قيم النقاط الغائرة ونقاط السرج للسماح للجريان خارج هذه النقاط.




شكل(٢) إرتباط النقاط الغائرة مع نقاط السرج بواسطة خطوط الجريان الموشرة بخطوط مقطعة (Huchinson, 1989)

أما في المرحلة الثانية فيتم فيها إنشـــاء اتجـــاه الجريـــان. فاتجـــاه الجريان للخلية هو اتجاه جريان المياه خارج الخلية حيـــث ترمـــز لتتطابق مع اتجاه إحدى الخلايـــا الثمانيـــة التـــي تحيـــط بالخليـــة (x) ويقوم على مبدأ اتجاه الجريان المنفرد حيث انه من المفـــترض أن تجري المياه خارج كل خلية إلى إحدى الخلايا الثمانية المجاورة لها في مصفوفة ٣ × ٣ (شكل٣)كما أن الجريان يكون في اتجـــاه اعمق إنحدارا وذلك حسب المعادلة التالية:-

$$S = \frac{\Delta Z}{A}$$

حيث إن:-

S = الانحدار،

Z = التغير في الارتفاع بين الخلايا،

D= المسافة بين الخلايا

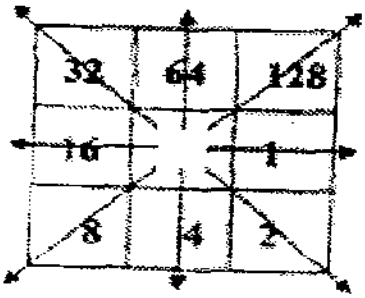
والمسافة بين الخلايا يمكن الحصول عليها مما يلي:-

المسافة D تساوي ١ × حجم الخلية للخلايا المتعامدة،

المسافة D تساوي جذر ٢ × حجم الخلية للخلايا القطرية .

وإذا كان جريان الخلية X في المصفوفة لليسار على سبيل المثـــال فان اتجاه الجريان سوف يرقم ٣٢ كما أن اتجاه الجريان يرقم بقوة اثنان. كما أن اتجاه الجريان المنفرد يدل على أن جميـــع كميـــات المياه والتي تتجمع عند موقع الخلية سوف تجري خارج الخلية إلـــى أحـــد الخلايـــا المجـــاورة لـــها. وفـــي دراســـة قـــام بـــها

**(Quinn et al. 1993)** أوضحت بان فكرة اتجاه الجريان المنفرد يعطي الانطباع بالتركيز السريع بالجريان على الأرض في القنوات، بينما الجريان المتعدد الاتجاهات يوضح نمطا اكثر معقولية لتوزيع الجريان الأرضي. أو بمعنى آخر عندما الجريان المائي يصل القناة فانه يجري بطريقة مركزة ولذلك فان اتجاه الجريان المنفرد يمثل جريان في القناة افضل من الجريان المتعدد الاتجاهات والذي يميل لإعادة توزيع الجريان خارج القناة.




Orthogonal direction

diagonal direction

شكل (٣) ٣ × ٣ من الخلايا توضح إتجاهات الجريان خارج الخلية الوسطى

**إنشاء القنوات:**

لقد استخدم برنامج **Drain** لتحديد مجاري شبكة التصريف المائية ضمن نموذج الارتفاعات الرقمية. وتتألف شبكة التصريف المائية من عقد (**Nodes** ) وروابط (**Links**). فالعقد تمثل نقاط التقاء قسمين من شبكة التصريف. العقد الخارجية لشبكة التصريف تسمى المصدر **(Tarboton et al, 1993)**. والربط هي أقساد القناة التي تربط بين العقد. كما أن الروابط تصنف بروابط داخلية

وخارجية. فالروابط الداخلية هي الأقسام التي تربط بين العقد ، بينما الروابط الخارجية فهي الأقسام التي تربط المصدر والعقدة.

أما عملية إنشاء القنوات من تراكم الجريان تتألف من اختيار الخلايا التي يزيد فيها التراكم الجريـاني عتبة محددة القيمة **(Threshold value)** . ومن المهم هنا تقرير العتبة التي على أساسها سوف يتم اشتقاق أو استخراج القنوات. فقد أشار تاربتون وآخرون **(Tarboton et al, 1993)** إلى أن كثافة القنوات يجب أن تكون متساوية للخطوط الزرقاء على الخريطة الطبوغرافية. وقد حددت كثافة شبكة التصريف من قبل **Horton** طبقا إلى تاربوتون وآخرين كما يلي:

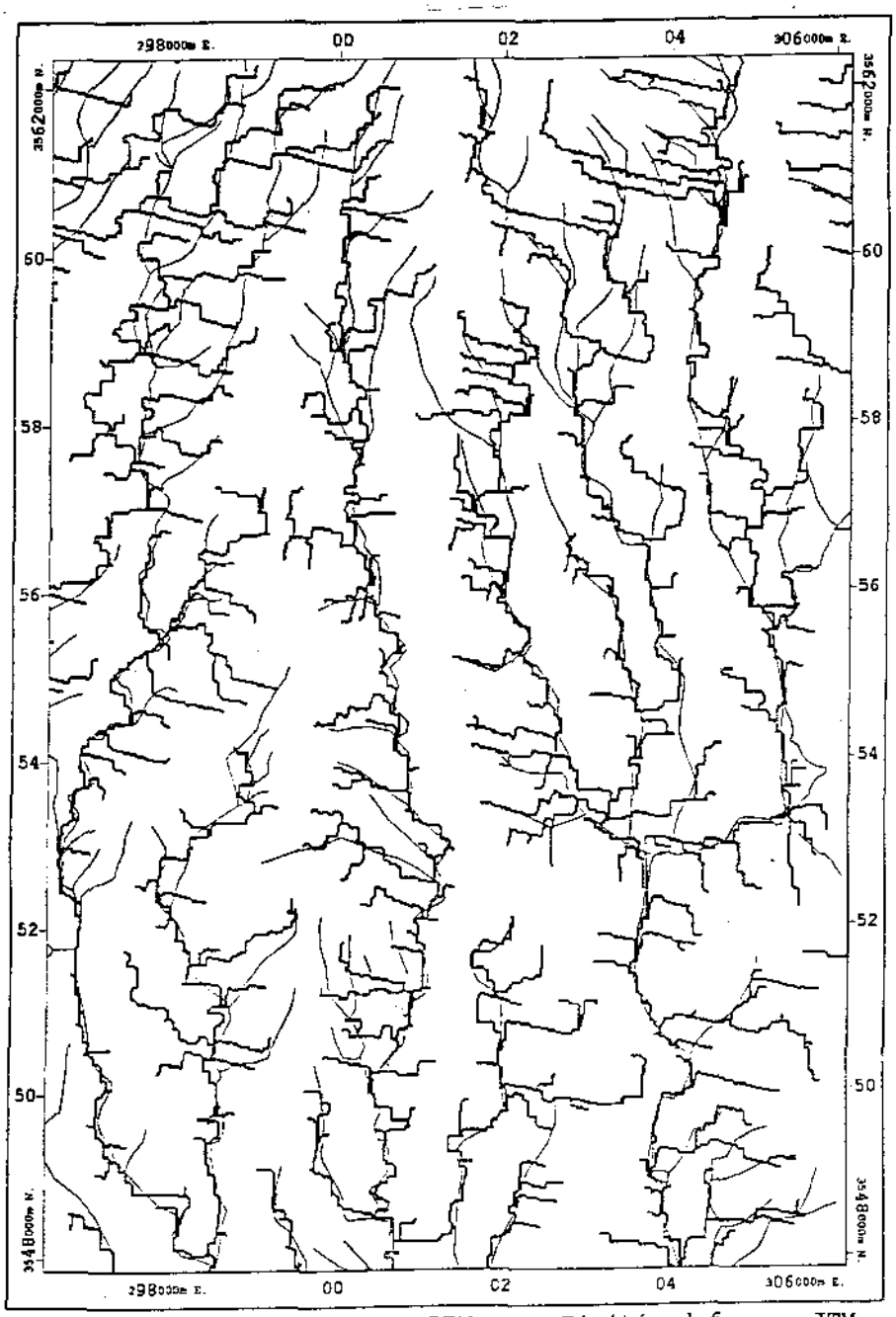
حيث ان :

$$(D)_d = \frac{L}{A}$$

$(D)_d$

تمثل كثافة التصريف المائية، L = طول القنوات كم، A = مساحة المنطقة كم٢

وقد تم اختيار عدد من القيم المحددة ٢٥٠ و ٤٠٠ بكسل أعطت نتائج متباينة لكثافة شبكات التصريف المائية كما موضح بالشكل (٤) لعتبة قيمتها ٤٠٠.




Superimposed Drainage from DEM over Digitised from JTM

Thick lines from DEM

1:75 000 Scale

Kilometres 1 0 1 2 3 4 5 6

Miles 1 0 1 2 3

شكل (٤)

**ترقيم شبكة التصريف المائية**

استخدمت طاولة الترقيم في إدخال شبكة التصريف المائية لمنطقة الدراسة. ووضعت خريطة منطقة الدراسة على طاولة الترقيم. ثم حددت المنطقة بعد أن ربطت طاولة الترقيم بجهاز الحاسب. وبعد ذلك ادخلت أربع نقاط مرجعية بدقة وهي حدود منطقة الدراسة واستخدام برنامج **Arcedit** وهو أحد البرامج الفرعية لبرنامج **ARC/Info** لإدخال شبكة التصريف المائية للمنطقة نفسها التي تم استخراج شبكة التصريف المائية لها من نموذج الارتفاعات الرقمية. وبعد إنجاز عملية الإدخال والتصحيح حول نظام الإحداثيات المرجعية الأولية إلى نظام إحداثيات حقيقية بنظام **UTM** عن طريق اخذ هذه الإحداثيات من الخريطة وإدخالها عن طريق لوحة المفاتيح. وأجريت عملية إرسال الملف الذي يحتوي على شبكة التصريف المائية المرقمة على هيئة **Ungenerate file** لكي يتم استقبالها من برنامج **EASI/PACE**. استخدم البرنامج **Fimport** لتحويلها إلى الفورمات الخاصة بنظام **EASI/PACE**. أما الخريطة الثانية التي في نظام **JTM** الأردني فقد رقمت بنفس الطريقة السابقة وحول نظام إحداثياتها إلى نظام **UTM** وصدر الملف الخاص بها إلى نظام **EASI/PACE** الكندي.

**تقييم شبكات التصريف المائية**

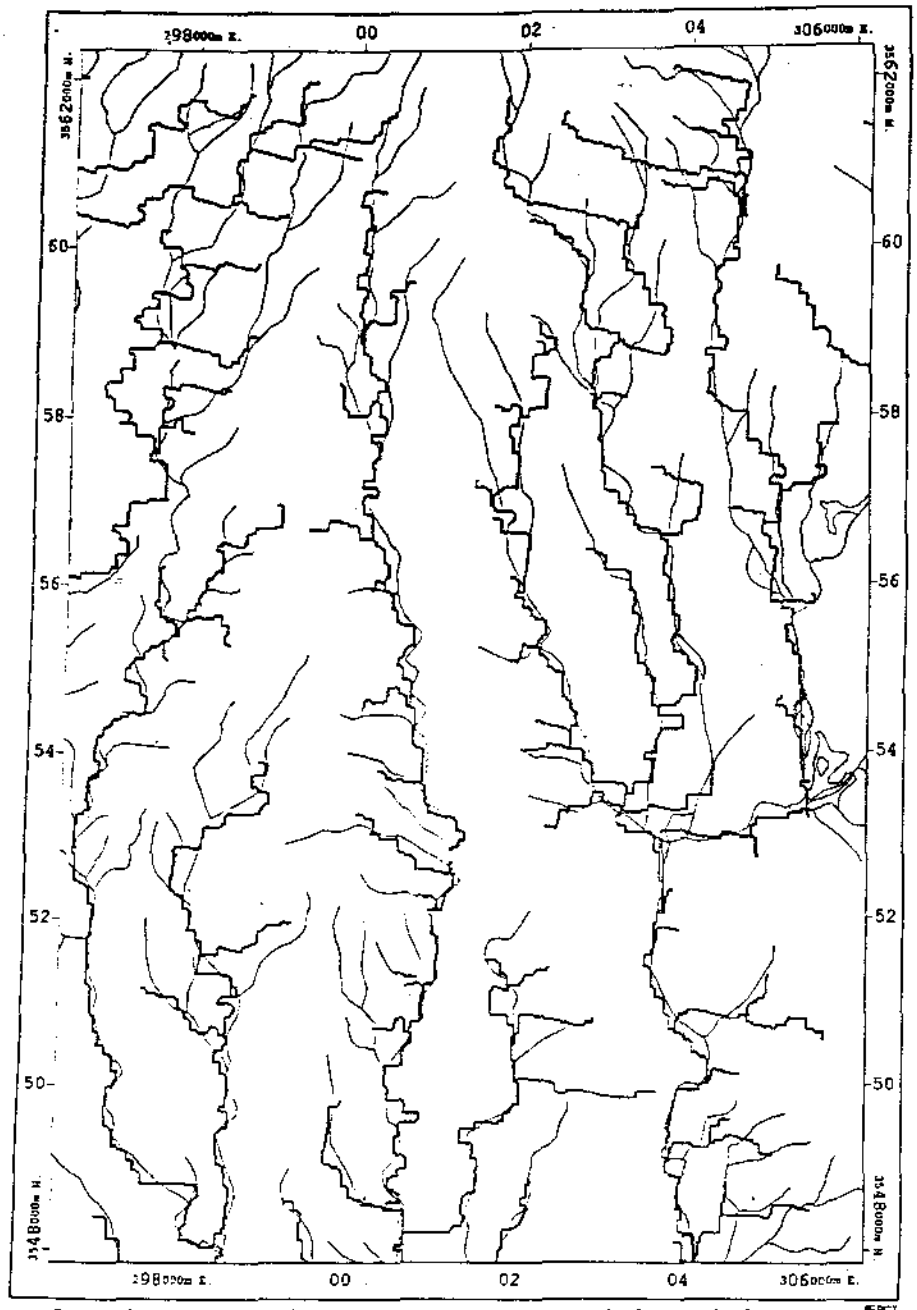
لتقييم مدى دقة قنوات التصريف المائية المنتجة من نموذج الارتفاعات الرقمية باستخدام برنامج(**EASI/PACE**) فقد أجريت التجارب التالية:

١.وضعت شبكة التصريف المائية المرقمة من خريطة الارتين بمقياس ١:٥٠٠٠٠ بنظام **UTM**فوق نفس شبكة التصريف المائية المنتجة من نموذج الارتفاعات الرقمية (**Superimposed**) ووجد أن هنالك تطابقاً في المجرى الرئيس وتقاطعاً وعدم تطابق في الروافد الفرعية (شكل ٥ ). كما وجد أن التطابق اكثر في المناطق ذات التضاريس البارزة، بينما في الناطق المستوية فان القنوات المائية ربما يكون مجراها قد تم تشكيله في المناطق المجاورة وان الاختلاف في الارتفاع يمكن أن يمثل بطريقة ضعيفة في معظم نماذج الارتفاعات الرقمية. إذ أن وجود أية أخطاء في المواقع بالنسبة للشرقيات والشماليات له اثر على قيم الارتفاع في تلك المواقع، وان مثل هذه الأخطاء لها ارتباط مكاني وثيق. وبما أن السطح الرياضي لا ينطبق تماما مع سطح الأرض نتيجة لاختلاف السطح الرياضي من حيث الدقة البلانيمترية والالتيمترية فان أخطاء الارتفاع انعكست علي تحديد المجاري المائية وخاصة في الأراضي المنبسطة (**Goodchild and Han, 1995; Fisher, 1994**).

٢. وضعت شبكة التصريف المائية التي رقمت من الخرائط الأردنية **JTM** ووجد أن هناك تطابقا افضل من السابق (شكل ٦)

ويعزى ذلك إلى أن هذه الخرائط احدث من السابقة وليس فيها انكماش علما بأن هذه الخرائط مأخوذة من المصدر السابق والشكل (٧) يبين شبكة التصريف المائية من خرائط **UTM** مطبوعة فوق شبكة التصريف المائية المرقمة من خرائط **JTM**..

٣. وضعت ايضاً شبكة التصريف المائية المرقمة من خارطة الأرتين بنظام **UTM** فوق الأورثوامج (الخريطة المصورة) لمنطقة الدراسة، ووجد أن هنالك تطابقاً مع مجاري الأودية (شكل٨).




Superimposed Drainage from DEM over Digitised from UTM

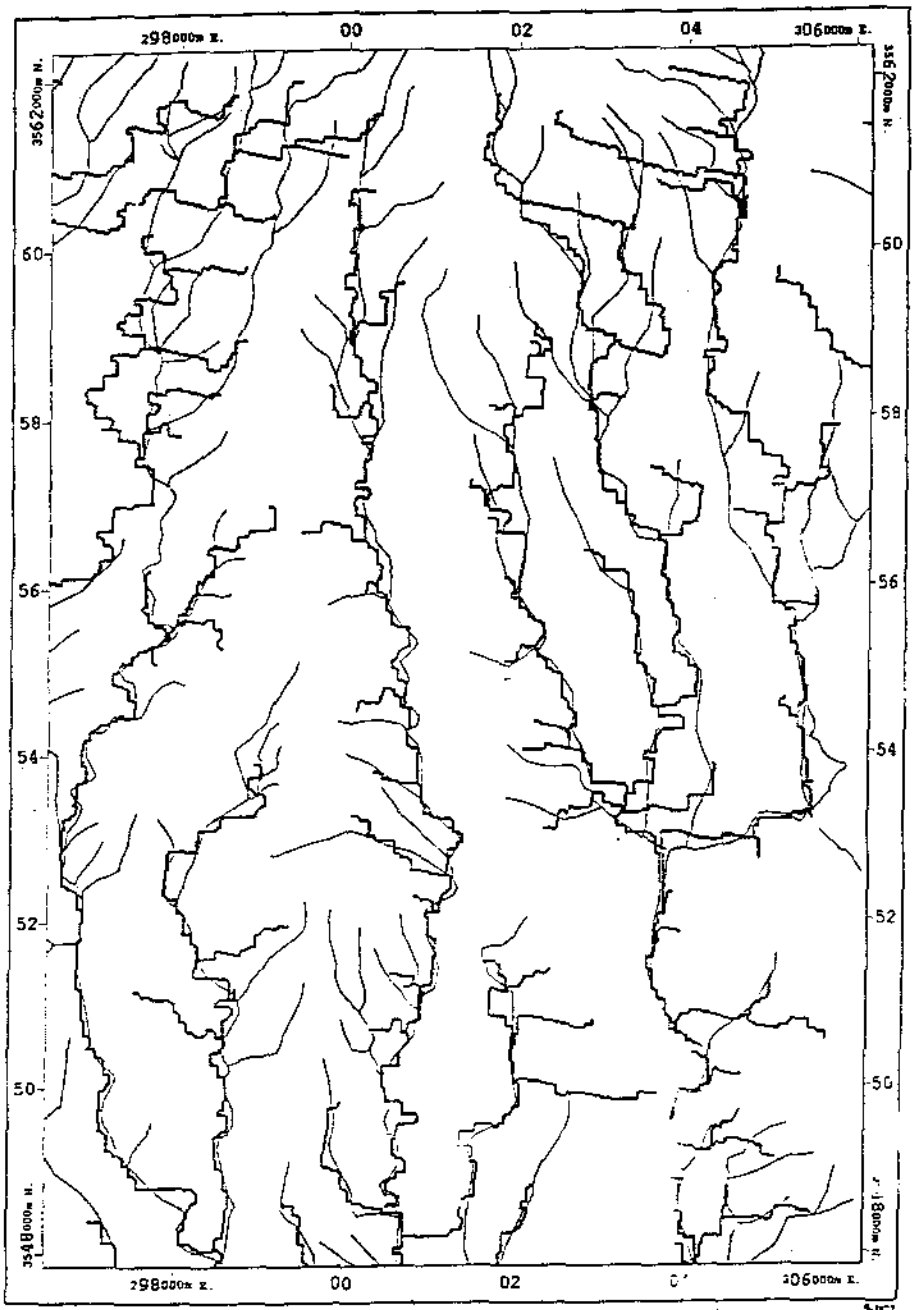
Thick lines from DEM

1:75 000 Scale

Kilometres 1 0 1 2 3 4 5 6

Miles 1 0 1 2 3

شکل (٥)




Superimposed Drainage from DEM over Digitised from JTM

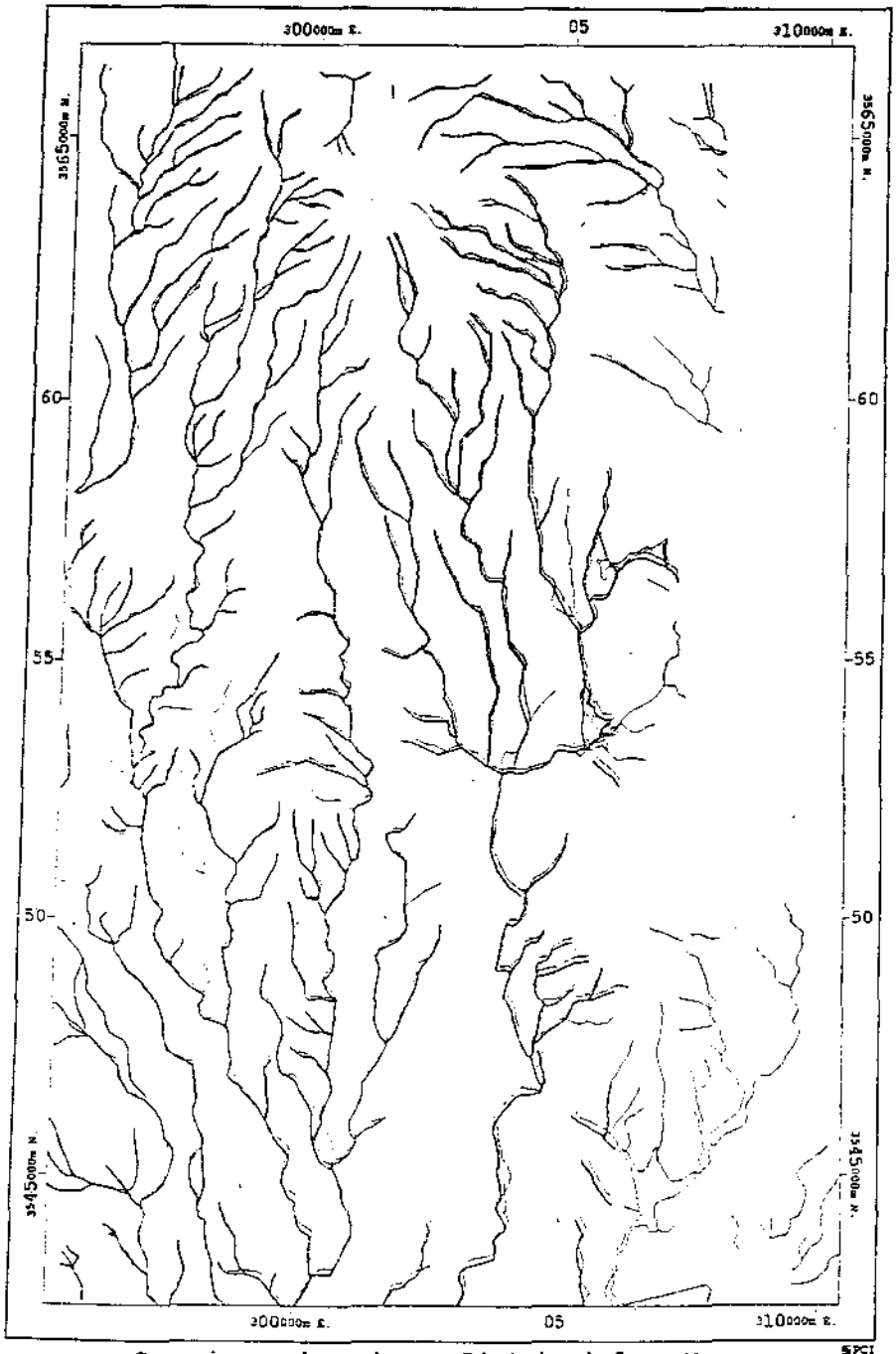
Thick lines from DEM

1:75 000 Scale

Kilometres 1 0 1 2 3 4 5 6

Miles 1 0 1 2 3

شكل (٦)




Superimposed Drainage Digitized from Maps

Thin lines from UTM Thick lines from JTM

1:120 000 Scale

شکل (۷)

Superimposed Drainage Digitized from Map over Orthoimage

Drainage from JTM Map

1.70 000 Scale

Kilometres 1 0 1 2 3 4 5 6

Miles 1 0 1 2 3

(A)

**الخلاصة:**

إن إنشاء شبكة التصريف المائية أوتوماتيكيا لها فوائد قيمة تعطي المستخدم شبكة متصلة من شبكات التصريف المائية التي يمكن أن تستخدم لنمذجة الجريان السطحي. وتلعب الدقة البلانيمترية ودقة نموذج الارتفاعات الرقمية بالإضافة إلى القدرة التمييزية دورا فاعلا في دقة شبكات التصريف المائية. كما أن شبكة التصريف المائية أو مجاري الأودية التي تم اشتقاقها من نموذج الارتفاعات الرقمية قد أظهرت بعدم التطابق التام وخاصة في المجاري الثانوية بعد أن قورنت بشبكة التصريف المائية التي رقمت من الخرائط الطبوغرافية التي جمعت بطريقة المسح الجوي،وقد يعزى ذلك إلى أن حساسية شبكات التصريف للأخطاء في نموذج الارتفاعات الرقمية منخفضة في التضاريس البارزة وكبيرة في المناطق المستوية.ونظرا لعدم التطابق التام بين شبكات التصريف المائية المنتجة بطريقة آلية وبين شبكات التصريف المائية التي رقمت من الخرائط الطبوغرافية فإنه لا يمكن الاعتماد على الطريقة الآلية أن تكون بديلا عن الطريقة الفوتوغرامترية في إنتاج شبكات التصريف المائية.

## Reference

Abu Ashour, R.S. 1998. An Evaluation of Geographic Information Systems for Surface Studies in the Badia Region of Jordan, Unpublished Thesis Presented for the Degree of Master Science, University of Glasgow. 169p.

Burrough, P. 1990.Principles of Geographic Information Systems for Land

Resources Mangement.Clarendon Press, Oxford.

Fisher, P. F.. 1994. Probable and Fuzzy Models of the Viewshed Operation, In: Innovations in GIS 1, (Ed. M.F. Worboys) Taylor and Francis, pp 161-176.

Goodchild, M.F and Han, X. 1995. The Effects of Topographic Error in GIS. International Journal of Geographic Information Systems. Vol. 9 (2).

Hutchinson, M. 1989. A new Procedure for Gridding Elevation and Stream Line Data with Automatic Removal of Spurios Pits. Journal of Hydrology, 106,211-232.

Quinn, P., Beven, K., Chevallier, P. and Planchon, O. 1993. The Prediction of Hillslope Flow Paths for Distributed Hydrological Modelling Using Digital Terrain Models. In: Terrain Analysis and Distributed Modelling in Hydrology (Edited by Beven, K. and Moore, I.) John Wiley & Sons, Chichester. 63-83.

Tarboton, D., Bras, L,. and Rodriguez-Iturbe, I. 1993. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. In : Terrain Analysis and Distributed Modelling in Hydrology (edited by Beven, K. and Moore, I.) John Wiley & Sons, Chichester. 85-104.