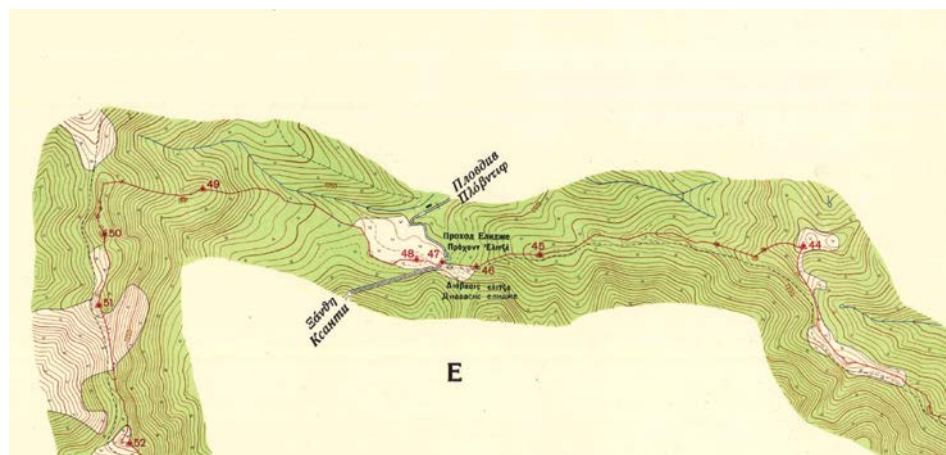




**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**  
**& ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ**  
**ΧΩΡΟΥ»**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΧΑΡΑΞΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ**  
**ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ**  
**ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΧΑΡΑΞΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΟΒΟΥΛΓΑΡΙΚΗΣ**  
**ΜΕΘΟΡΙΟΥ**



**Μεταπτυχιακή εργασία του Αθανασίου Νικόλαου**

Αθήνα, Μάρτιος 2018



**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**  
**& ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ**  
**ΧΩΡΟΥ»**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΧΑΡΑΞΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ**  
**ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ**  
**ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΧΑΡΑΞΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΟΒΟΥΛΓΑΡΙΚΗΣ**  
**ΜΕΘΟΡΙΟΥ**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

**Χαλκιάς Χρίστος (Επιβλέπων)**

**Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

**Παρχαρίδης Ισαάκ**

**Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

**Τσάτσαρης Ανδρέας**

**Αναπληρωτής Καθηγητής, Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής**

**Για την παρούσα Διπλωματική Εργασία κατατίθεται μόνο η περίληψη και η βιβλιογραφία, λόγω χρήσης διαβαθμισμένων δεδομένων που χορηγήθηκαν από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού ύστερα από έγκριση του ΓΕΣ/Διεύθυνση Γεωγραφικού, όπου διέπονται από σχετικούς περιορισμούς διαβαθμισμένων δεδομένων και κατόπιν εγκρίσεως της γενικής συνέλευσης του Τμήματος Γεωγραφίας.**

## Περίληψη

Η λεπτομερής εύρεση των διοικητικών ορίων Νομών – Κρατών είναι μία από τις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας. Ειδικά τα όρια – σύνορα των Κρατών έχουν προκύψει από διακρατικές συμφωνίες, έχουν συνταχθεί πρωτόκολλα για την περιγραφή τους και τεκμηριώνονται με αναλογικούς Μεθοριακούς Χάρτες. Οι επιτροπές διαχάραξης των συνόρων δεν είχαν τα μέσα (GPS, Γεωδαιτικοί σταθμοί), έτσι ώστε να μετρηθούν από κοινού με ακρίβεια για τον υπολογισμό των συντεταγμένων της χερσαίας συνοριακής γραμμής. Συνήθως οι κορυφογραμμές – γραμμή διαχωρισμού των υδάτων, τα ποτάμια – μέσο ρου, έχουν ληφθεί σαν όρια των χερσαίων συνόρων.

Αρμόδια υπηρεσία για την Ελληνική υποστήριξη περί τεχνικών θεμάτων για τα χερσαία σύνορα της Ελλάδας είναι η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού. Την τελευταία δεκαετία η ΓΥΣ, υλοποιεί προγράμματα με τα όμορα κράτη για την μέτρηση και τον ακριβή υπολογισμό των χερσαίων συνόρων με την χρήση δεκτών GPS.

Η συνοριακή γραμμή υλοποιείται από φυσικά όρια, όπως βουνά – ποτάμια. Εδώ έρχεται η σύγχρονη τεχνολογία να δώσει απαντήσεις στα τεχνικά προβλήματα. Η Γεωπληροφορική σαν επιστήμη δίνει την δυνατότητα με σύγχρονα δεδομένα (ψηφιακό μοντέλο εδάφους), να υπολογιστεί διάφορα μορφομετρικά χαρακτηριστικά. Αυτά ταυτίζονται με τα χερσαία σύνορα την Ελλάδα.

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα ψηφιακά μοντέλα εδάφους που χορηγούνται δωρεάν, προερχόμενα από τη NASA που έχει κατασκευάσει το SRTM, από μια κοινή επιχείρηση μεταξύ της NASA και Ιαπωνίας που έχουν κατασκευάσει το ASTER, καθώς και ψηφιακό μοντέλο εδάφους που δημιουργήθηκε από την ψηφιοποίηση Τοπογραφικών Διαγραμμάτων κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ.

Τα προγράμματα γεωπληροφορικής (Arcgis, Qgis) που θα χρησιμοποιηθούν, περιέχουν αλγορίθμους για τον υπολογισμό λεκανών απορροής όπου στο υψηλότερο σημείο τους ταυτίζονται με την γραμμή διαχωρισμού των υδάτων, καθώς και της συσσωρευμένης ροής, άρα το μέσο ρού των ποταμών, υλοποιώντας την γραμμή των συνόρων ως φυσικά όρια. Στόχος της εργασίας είναι ο υπολογισμός της γραμμής των συνόρων από διαφορετικά ψηφιακά μοντέλα εδάφους μέσω διαφορετικών αλγορίθμων που χρησιμοποιούν το Arcgis και Qgis, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να συγκριθούν μεταξύ τους καθώς και με την αποτυπωμένη πλέον συνοριακή γραμμή επί του εδάφους που χορηγήθηκε από την ΓΥΣ, με σκοπό την εύρεση αυτοματοποιημένης συνοριακής γραμμής με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια που να πλησιάζει την υφιστάμενη. Οι υπολογισθείσες γραμμές αξιολογήθηκαν τόσο με στατιστικές, όσο και με οπτικές μεθόδους για να

διαπιστωθεί η ακρίβεια τους. Από την ακρίβεια της αυτοματοποιημένη γραμμής που προέκυψε, θα εξαχθούν συμπεράσματα σε τι κλίμακας χάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τέτοιες μέθοδοι, έτσι ώστε να είναι βάση για μελλοντικές εργασίες εύρεσης διοικητικών ορίων και συνόρων όπου δεν έχουν μετρηθεί με σύγχρονες γεωδαιτικές μεθόδους υψηλής ακρίβειας, όταν αυτά υλοποιούνται από φυσικά όρια.

**Λέξεις-κλειδιά:** Συνοριακή γραμμή, Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (5000, SRTM, ASTER), όριο λεκάνης απορροής.

## **Abstract**

The detailed finding of the administrative boundaries of the Prefectures - States is one of the needs of modern society. Specifically, the borders of the States have emerged from transnational agreements, protocols have been drawn up for their description and are documented by analog Border Maps. Border Defining Committees did not have the means (GPS, Geodetic Stations) to measure together accurately in order to calculate the coordinates of the land border. It is usually the midstream separation line, rivers - medium, have been taken as boundaries of land borders.

The competent service for Greek support for technical issues on the land borders of Greece is the Hellenic Military Geographical Service. Over the last decade, the HMGS has been implementing programs with neighboring countries to measure and accurately calculate land borders using GPS receivers.

As I mentioned above, the border line is implemented by natural boundaries such as mountains - rivers. Here comes the modern technology to answer the technical problems. Geoinformatics - as a science - offers the possibility to calculate the watercourse and the flow of water with modern data (digital terrain model). These results are identical to the land borders of Greece.

In this paper, the following digital ground – based models will be used: those that have been developed free of charge by NASA, namely the SRTM, those from a joint venture between NASA and Japan namely ASTER, as well as a digital terrain model created by Digitalization of Topographic Schemes of Scale 1 : 5000 of the HMGS.

The geoinformatics programs (Arcgis, Qgis) to be used contain algorithms for the calculation of water catchment areas, whose highest point is identified with the water separation line as well as the accumulated flow, hence the average river flow, implementing the border line as physical limits. The aim of the paper is to calculate the boundary line from different digital terrain models through different algorithms used ArcGis and Qgis so that the results are compared with each other

as well as with the recorded borderline on the ground provided by the HMGS, in order to find an automated borderline with the best possible precision approaching the existing one. The calculated lines were evaluated both by statistics and by optical methods to determine their accuracy. Based on the accuracy of the automated line that will result, conclusions will be drawn on what scales of maps such methods can be used to provide a basis for future work to find administrative boundaries and borders which they have not been measured by modern high-precision geodetic methods and have been implemented by physical limits instead.

**Keywords:** Borderline, Digital Terrain Model (5000, SRTM, ASTER), basin boundary.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική:

Ελληνο-Σερβική συνθήκη συμμαχίας, 19 Μαΐου 1913, αρχείο ΓΥΣ

Δρ. Σταμάτης Καλογήρου. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 17-18 Μαΐου 2013. Δημιουργία Θεματικού Χάρτη με το QGIS. [http://gisc.gr/sac/docs/SKalogirou\\_QGIS.pdf](http://gisc.gr/sac/docs/SKalogirou_QGIS.pdf)

Ηλίας Π. Δημητρακόπουλος (1991), "Τα Χερσαία Σύνορα της Ελλάδας", Ίδρυμα Μελετών Χερσονήσου του Αίμου, Θεσσαλονίκη 1991 (Μοτρακόπουλος, 1991)

Πρωτόκολλο Βενιζέλου – Πάσιτς, 3 Αυγούστου 1913, αρχείο ΓΥΣ

Πρωτόκολλο ΜΕΒΜΕ, 28 Φεβρουάριου 1963, Θεσσαλονίκη, αρχείο ΓΥΣ

Πρωτόκολλο της Φλωρεντίας, 27 Ιανουαρίου 1925, αρχείο ΓΥΣ

Συνθήκη Ειρήνης του Νεϊγύ στη Σένα, 27 Νοεμβρίου 1919, αρχείο ΓΥΣ

Συνθήκη του Νεϊγύ στις 27 Νοεμβρίου 1921, αρχείο ΓΥΣ

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας - Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Κατάρτιση της 1<sup>ης</sup> Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θράκης (EL12), Εκδ. 2 (v.2), 31.07.2017

### Ξενόγλωσση:

Ahmadi, Hassan and Das, Arun and Pourtaheri, Mehdi and Komaki, Chooghi Bairam and Khairy,

Arabinda Sharma, K.N. Tiwari (2014): A comparative appraisal of hydrological behavior of SRTM DEM at catchment level. Journal of Hydrology 519 (2014) 1394–1404.

Arrighi, P., Soille, P., 2009. From scanned topographic maps to digital elevation models, Silsoe, Bedfordshire.

ASTER Global Digital Elevation Model Version 2, 2011 – Summary of Validation Results  
[https://lpdaacaster.cr.usgs.gov/GDEM/Summary\\_GDEM2\\_validation\\_report\\_final.pdf](https://lpdaacaster.cr.usgs.gov/GDEM/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf).

Charalabos Ioannidis, Evangelos Xinogalas and Sofia Soile (2013): Assessment of the global Digital Elevation Models ASTER and SRTM – Application in Greece. International Conference "SDI & SIM 2013" FIG-COM3, FIG-TH-PH & Geo-SEE Skopje, 6 – 9 November 2013

Clarke, A., Gruen, A., & Loon, J. (1982). A contour-specific interpolation algorithm for DEM generation. International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing, 14(3):68–81.

D. Prodanovic, M. Stanic, V. Milivojevic, Z. Simic, M. Arsic (2009): DEM-Based GIS Algorithms for Automatic Creation of Hydrological Models Data. Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics / Vol. 3 / No. 1, 2009 / pp. 64-85.

Farr, T. G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Douglas, B., Douglas, A., 2007. The Shuttle Radar Topography Mission, Rev. Geophys., 45, RG2004,doi:10.1029/2005RG000183.

[https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM\\_paper.pdf](https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf)

F. Akram, M.G. Rasul, M.M.K. Khan and M.S.I.I. Amir (2012): Automatic Delineation of Drainage Networks and Catchments using DEM data and GIS Capabilities: a case study. 18 Australasian Fluid Mechanics Conference, Launceston, Australia, 3-7 December 2012

Foumelis M, Chalkias C., Plank S.: Influence of Satellite Imaging Geometry on ASTER and SRTM Global Digital Elevation Models. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Gómez-Gutiérrez A., Schnabel S., Contador F.L. and Marín R.G., 2011. Testing the quality of open-access DEMs and their derived attributes in Spain: SRTM, GDEM and PNOA DEM. Geomorphometry, 53–56.

Houshang (2012) Redefining the Border line of the Neka River's Watershed with Comparing ASTER, SRTM, Digital Topography DEM, and Topographic Map by GIS and Remote Sensing Techniques. Life Science Journal, 9 (3).

H. Papasaika, E. Baltsavias (2009): Investigations on the Relation of Geomorphological Parameters to DEM Accuracy. Proceeding of Geomorphometry 2009. Zurich, Switzerland, 31 August - 2 September, 2009.

Hu, P., Liu, X., Hu, H., 2009. Accuracy Assessment of Digital Elevation Models based on Approximation Theory, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 75(1), pp. 49-56.

Jing Li, David W.S. Wong (2010): Effects of DEM sources on hydrologic applications. Computers, Environment and Urban Systems 34 (2010) 251–261

Kraus, K., Briese, C., Atwenger, M., Pfeifer, N., 2005. Quality measures for digital terrain models, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35(2), pp. 113-118.

Li, Z., Zhu, Q., & Gold, C. (2004). Digital Terrain Modelling, Principles and Methodology. CRC Press.

Li, P., Shi, C., Li, Z., Muller, J.P., Drummond, J., Li, X., Li, T., Li, Y., Liu, J., 2012. Evaluation of ASTER GDEM ver.2 using GPS measurements and SRTM ver.4.1 in China, XXII ISPRS Congress, volume I-4, Melbourne, Australia, pp. 181-186. <https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-4/181/2012/isprsannals-I-4-181-2012.pdf>



Luc Vincent and Pierre Soille (1991): Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations. IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 13, NO. 6, JUNE 1991

Maune, D. F., 2007. Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual, 2nd Edition, ASPRS, Bethesda Maryland.

Miliaresis G.C., 2007. An upland object based modelling of the vertical accuracy of the SRTM-1 elevation dataset. Journal of Spatial Science, 52(1), 13-28, doi:10.1080/14498596.2007.9635097.

Miliaresis, G.C., 2008. The Landcover Impact on the Aspect/Slope Accuracy Dependence of the SRTM-1 Elevation Data for the Humboldt Range. Sensors, 8, 3134-3149; doi:10.3390/s8053134.

Mohammed Al Sayel , Peter Lohmann (2008): THE USE OF SATELLITE IMAGES IN PREPARATION FOR THE ESTABLISHMENT OF INTERNATIONAL BOUNDARIES. Article – January,2008.

Nikolakopoulos K.G. and Chrysoulakis N., 2006. Updating the 1:50.000 topographic maps using ASTER and SRTM DEM. The case of Athens, Greece. Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology VI, edited by Manfred Ehlers, Ulrich Michel, Proc. of SPIE vol. 6366, 636606, doi:10.1117/12.689016

Ralf Schroth and Hans-Dieter Arnold: International border demarcation: Topographic map series on shortest demand and with highest quality.

Rawat K.S., Mishra A.K., Sehgal V.K., Ahmed N. and Tripathi V.K., 2013. Comparative evaluation of horizontal accuracy of elevations of selected ground control points from ASTER and SRTM DEM with respect to CARTOSAT-1 DEM: a case study of Shahjahanpur district, Uttar Pradesh, India. Geocarto International, 28(5), 439-452, doi:10.1080/10106049.2012.724453.

Rodriguez, E., Morris, C.S., Belz, J.E., Chapin, E.C., Martin, J.M., Daffer, W., Hensley, S., 2005. An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, pp. 143. [https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM\\_D31639.pdf](https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_D31639.pdf)

Rohan Bennett , Adrian Kitchingman, Joseph Leach (2010): On the nature and utility of natural boundaries for land and marine administration. Department of Geomatics, The University of Melbourne, Parkville 3010, Victoria, Australia.

Sayantana Das , Priyank Pravin Patel, Somasis Sengupta (2016): Evaluation of different digital elevation models for analyzing drainage morphometric parameters in a mountainous terrain: a case study of the Supin–Upper Tons Basin, Indian Himalayas. Das et al. SpringerPlus (2016)

T. Hengl, C. H. Grohmann, R. S. Bivand, O. Conrad, A. Lobo (2009): SAGA vs GRASS: A Comparative Analysis of the Two Open Source Desktop GIS for the Automated Analysis of Elevation Data. Proceeding of Geomorphometry 2009. Zurich, Switzerland, 31 August - 2 September, 2009.

Tom Chapman (1999): A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation. HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol. Process. 13, 701-714 (1999)

William B Wood (2010): Gis as a tool for territorial negotiations. IBRU Boundary and Security Bulletin, Autumn 2000.

**Διαδικτυακή Βιβλιογραφία:**

<https://asterweb.jpl.nasa.gov/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_Spaceborne\\_Thermal\\_Emission\\_and\\_Reflection\\_Radio\\_meter](https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Spaceborne_Thermal_Emission_and_Reflection_Radio_meter)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_elevation\\_model/sources/gis-dictionary/term/DEM](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_elevation_model/sources/gis-dictionary/term/DEM)

<https://en.wikipedia.org/wiki/DTED>

[http://portal.survey.ntua.gr/main/courses/geoinfo/admcarto/lecture\\_notes/dtm's/dtm's.pdf](http://portal.survey.ntua.gr/main/courses/geoinfo/admcarto/lecture_notes/dtm's/dtm's.pdf)

<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-hydrology-tools.htm>

<https://www.slideshare.net/httsan/3d-analyst-watershed-padang>

<http://support.esri.com/en/other-r>

[http://web.gys.gr/portal/page?\\_pageid=33,36421&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://web.gys.gr/portal/page?_pageid=33,36421&_dad=portal&_schema=PORTAL)

<http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1>

<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

<http://www.terrainmap.com/rm39.html>