

Geološka karta v GIS okolju

Geologic Map in GIS

Jasna ŠINIGOJ & Marko KOMAC
Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana,
jasna.sinigoj@geo-zs.si, marko.komac@geo-zs.si

Ključne besede: geografski informacijski sistem, geološka karta
Key words: geographical information system, geologic map

Kratka vsebina

Geološka karta predstavlja osnovo za razumevanje geološke zgradbe danega območja. Zbiranje geoloških podatkov in analiziranje geologije nekega območja za osnovno geološko kartiranje je v osnovi proces povezovanja in obdelave podatkov. Geolog namreč želi s pomočjo združevanja na različne načine pridobljenih geoloških podatkov določiti model, usmerjen v določen problem, ki v največji možni meri odraža stanje v naravi.

V prispevku je prikazan konceptualni in logični podatkovni model geoloških kart v GIS okolju. Prikazane so značilnosti podatkovne baze, standardizacija zajema in kontrola kvalitete zajetih podatkov.

Abstract

Gathering and analysing of the geological data of a certain area is a procedure where various spatial data are related and processed. The aim of a geologist is to determine the model that will represent the natural conditions by its most and will help him solve relations between data. Usually geological data have various origins and are for the purpose of modelling merged, united or joined together. The result is a geologic map that forms a foundation for the comprehension of the real geological conditions of a given area. The paper presents conceptual and logical model of the geological maps in the GIS environment. Here characteristics of the database, the standard procedures for the data input and their quality control procedures are shown.

Uvod

Leta 1991 smo na Geološkem zavodu Slovenije (takrat IGGG) resneje pristopili k pravi izgradnji geološkega informacijskega sistema. V okviru bilateralne sodelave smo s pomočjo nizozemske vlade izpeljali pilotski projekt državnega geološkega informacijskega sistema (Žepič et al., 1998). V letu 1993 je sledila druga faza projekta, to je testni zajem geoloških kart v digitalno obliko. Ta-

krat smo postavili osnutek digitalnega modela geološke karte, katerega smo nato testirali in nadgrajevali v naslednjih letih. Digitalni model geološke karte smo postavili v Arc/Info okolju (Žepič et al., 1993, Šinigoj et al., 1998; Hafner et al., 1999; Šinigoj et al., 2000, McKee et al., 1998, Gautier, 1999), saj le-ta zaradi svoje razširjenosti predstavlja v Sloveniji in tujini nepisani standard na področju GIS-ov.

Vektorski podatkovni model v geografskih informacijskih sistemih

Geografski informacijski sistem (GIS) je računalniško podprt prostorski informacijski sistem, ki omogoča sodobno upravljalsko, organizacijsko in poslovno osnovo za zajemanje, shranjevanje, iskanje, obdelavo, analiziranje, prikazovanje in razširjanje prostorskih podatkov (Kvamme et al., 1997).

Podatki so z uporabo GIS-tehnologije organizirani v ustrezno prostorsko mrežo podatkov (rastrski, vektorski prikaz), na katero se navezujejo atributi s svojimi lastnostmi. Najpomembnejša karakteristika zajete informacije je enovita prostorska lokacija na ali pod zemeljskim površjem (Aronoff, 1989).

Posamezni vsebinski podatki o geologiji, pedologiji, vegetaciji, hidrografski in cestni mreži, urbanih površinah in podobno so med seboj ločeni, vendar vezani na ustrezni geografski položaj. Govorimo o *informacijskih slojih tematskih podatkov*, ki jih lahko neovirano prekrivamo in tako združujemo ustrezne podatke za izbrani in obravnavani prostor. Pomembno je zagotoviti skupno bazo podatkov, logično razdeljeno na različne informacijske sloje podatkov. Ponavadi posamezne tematike delimo še na logične strukturalne plasti, kot so pri geološki karti litologija, geološke meje, strukturne enote, podatki o vpadu plasti ipd.

GIS-baza podatkov vsebuje prostorske in opisne podatke, pri čemer prostorski podatki določajo lokacijo, obliko ter odnose med elementi prostora in so shranjeni v prostorski bazi. V relacijski bazi podatkov pa so shranjeni podatki, ki opisujejo lastnosti prostorskih elementov. Prostorski in opisni podatki so neposredno povezani preko enolično določene številke elementa v prostoru (identifikator, koda).

V splošnem razlikujemo tri osnovne tipe prostorskih elementov:

- **točka** (točke terenskega opazovanja, vrtime, vodnjaki, izviri, golice, najdišča, vpadni plasti, ipd.) – na karti definirajo lokacijo nekega objekta, ki je glede na merilo premajhen, da bi ga opisovali z linijo ali polinomom. S točkami prikazujemo podatek, ki je omejen na posamezno lokacijo;

- **linija** (geološke meje, prelomi, narivi, profili, reke, ipd.) – predstavljajo obliko nekega objekta, ki je preozek, da bi bil opisan

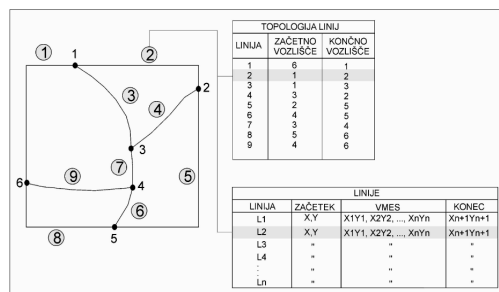
kot poligon (ploskev). Linije tudi razmejujejo dvoje različnih značilnosti terena;

- **poligon – območje** (litološke enote, plazovi, kamnolomi, ipd.) – predstavljajo obliko in razprostrtnost neke homogene enote v prostoru (na določeni površini).

Točke so opredeljene s parom koordinat (x,y), linije z zaporedjem točk, poligoni pa z nizom linij, ki omejujejo poligon. Iz vnešenih linij nastanejo pri gradnji topologije zaprti poligoni. Začetno in končno točko pri linijah imenujemo vozlišče. Vsaka linija ima začetno in končno vozlišče, s tem je določena tudi prostorska orientacija. Liniji lahko na osnovi prostorske orientacije določimo tudi levi in desni poligon.

Vektorski podatki se lahko vodijo nepovezano kot zaporedje koordinat ali pa so organizirani v ustreznem topološkem modelu (Kvamme et al., 1997). Nepovezani podatki veljajo za surove digitalne podatke, njihove analitične sposobnosti v GIS-okolju pa so zelo omejene. Topologija je najvišji možni nivo generalizacije, s katerim je mogoče shranjevati geografske pojave na računalniških medijih in je nujno potrebna za podporo različnim analitičnim procesom v GIS-okolju. Topologija je torej matematični postopek za določanje prostorskih odnosov (relacij), ki nam omogoča analizo prostora (poišči vse izvire z izdatnostjo nad 50 l/s, poišči vse aktivne plazove na nekem področju, ipd.). Topologija izraža različne tipe prostorskih odnosov kot seznam posebnosti pojavov. GIS-tehnologija pozna tri glavne koncepte topologije (ESRI, 1992, Kvamme et al., 1997):

- **povezanost** – Linije se združujejo samo v vozliščih (slika 1), ki so podani z enoličnim identifikatorjem in s koordinatami. Tabela vozlišč povezuje vse prostorske elemente s



Slika 1: Koncept topologije – linije se združujejo samo v vozliščih

stvarnim prostorom in omogoča različne izračune razdalj, ploščin, presekov in drugih numeričnih parametrov.

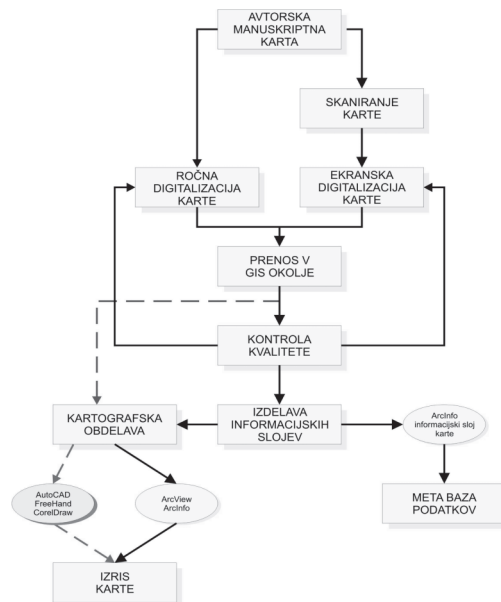
• **definicija poligona** – Linije, ki omejujejo ploskev, določajo poligon (slika 2), ki je podan z enoličnim identifikatorjem in z razvrščenimi linijami.

• **soseščina** – Linije so podane z enoličnim identifikatorjem in so ustrezno orientirane, tako da je mogoče določiti izhodiščno in končno vozlišče ter levi in desni poligon (slika 3).

Digitalna geološka karta

Zapletenost realnega sveta zahteva za lažje razumevanje njegovo poenostavitve. Karte so pomanjšani in posplošeni prikaz Zemlje ali pa samo dela zemeljske površine v določenem merilu in kartografski projekciji (Kvačmer et al., 1997). Mednje sodijo tudi geološke karte.

Z uporabo računalniške tehnologije je postopek zajema podatkov v GIS okolje, njihove priprave in oblikovanja karte kot končne izdelke v začetni fazi nekoliko zamudnejši, vendar pa je popravljanje in ažuriranje digitalnih kart hitrejši in cenejši od klasičnega načina (Johnson et al., 1999). Postopek izdelave geološke karte v GIS-okolju



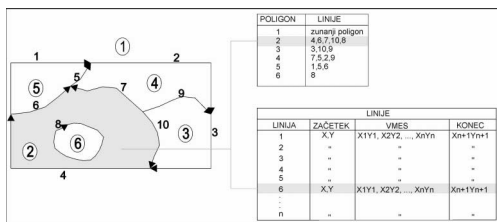
J. Šinigoj

Slika 4: Postopek zajema geološke karte v GIS-okolje

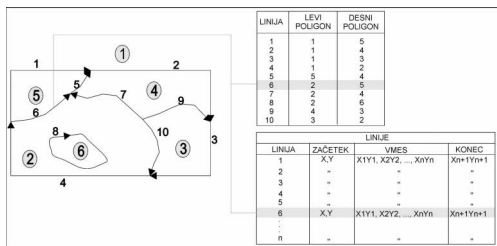
(slika 4) in s tem digitalni geološki model smo zasnovali v letih 1991-1993 (Žepič et al., 1993, 1998) in ga nato v naslednjih letih nadgrajevali (Šinigoj et al., 1998; Hafner et al., 1999; Šinigoj et al., 2000). Rezultat je geološka karta v GIS-okolju kot kompleksen, večdimenzionalen sistem geoloških podatkov, zajetih na obravnavanem ozemlju. Sestavljen je iz grafičnih in opisnih podatkov.

Celoten postopek izdelave digitalne geološke karte je razdeljen na sledeče sklope:

- priprava karte,
- vsebina zajema,
- izbira simbolov,
- določitev slojev,
- določitev metode zajema prostorskih in opisnih podatkov,
- digitalizacija prostorskih objektov,
- prenos zajetih podatkov v GIS okolje,
- identifikacija napak,
- topološka kontrola zajetih podatkov,
- kontrola visečih linij,
- kontrola vozlišč na presečiščih,
- kontrola centroidov v poligonih (vsak poligon mora imeti natanko en centroid),
- odpravljanje tehničnih napak (napake pri postopku zajema in dopolnjevanja) kot so:



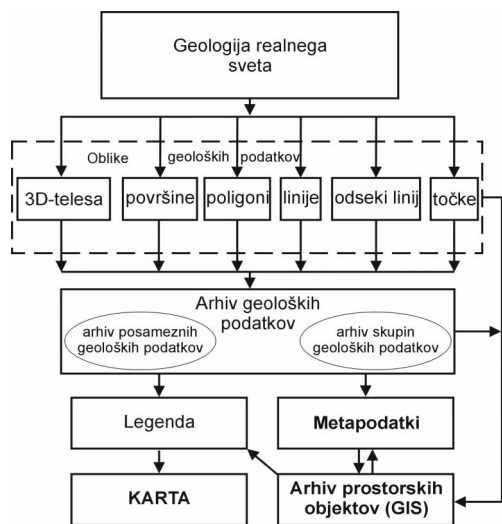
Slika 2: Koncept topologije – linije, ki omejujejo ploskev, določajo poligon



Slika 3: Koncept topologije – linije imajo smer ter levi in desni poligon

- linije brez identifikatorja,
- poligoni litostratigrafskih enot brez identifikatorja,
- poligoni litostratigrafske enote z več identifikatorji,
- nezaključeni poligoni,
- točke brez identifikatorja ,
- izris obstoječih območij, linij in točk (sedem kontrolnih izrisov),
 - kontrola položajne natančnosti,
 - kontrola atributne natančnosti,
 - ugotavljanje manjkajočih poligonov, linij in točk,
- ugotavljanje manjkajočih opisov litostratigrafskih enot, geoloških in strukturnih linij in geoloških pojavov,
 - dopolnjevanje karte, digitalizacija manjkajočih poligonov, linij in točk, prenos zajetih podatkov v GIS okolje ter ponovna kontrola,
 - pregled in dopolnitev karte s strani avtorja (določitev manjkajočih atributov, mej, poligonov),
 - vnos popravkov,
 - končna verifikacija karte.

Digitalna geološka karta je shranjena v Arc/Info podatkovni obliki in je geolocirana v dr,avni koordinatni sistem D48, Gauß-Krügerjevo projekcijo. Njeni osnovni gradniki so točke, linije in poligoni, ki so preko legende predstavljeni tudi na karti, kot je prikazano na sliki 5.



Slika 5: Gradnikov geološke karte (prirejeno po Johnson et al., 1999)

Digitalna karta je sinteza prostorskih (objekti, prikazani na karti) in njihovih opisnih podatkov (tabelarni opisi objektov) ter legend. Slika 6 prikazuje idejni model geološke karte (po Johnson et al., 1999).

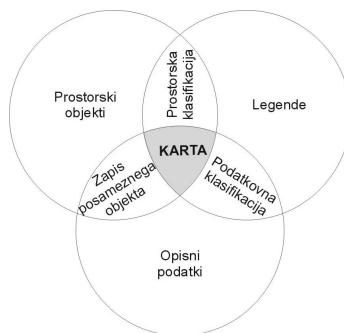
Geološko karto v GIS-okolju tako sestavljajo štiri informacijski sloji:

- litologija in starost – poligonski informacijski sloj,
- geološke meje in tektonske strukture – linijski informacijski sloj,
- vpadi – točkovni informacijski sloj in
- geološki pojavi – točkovni informacijski sloj.

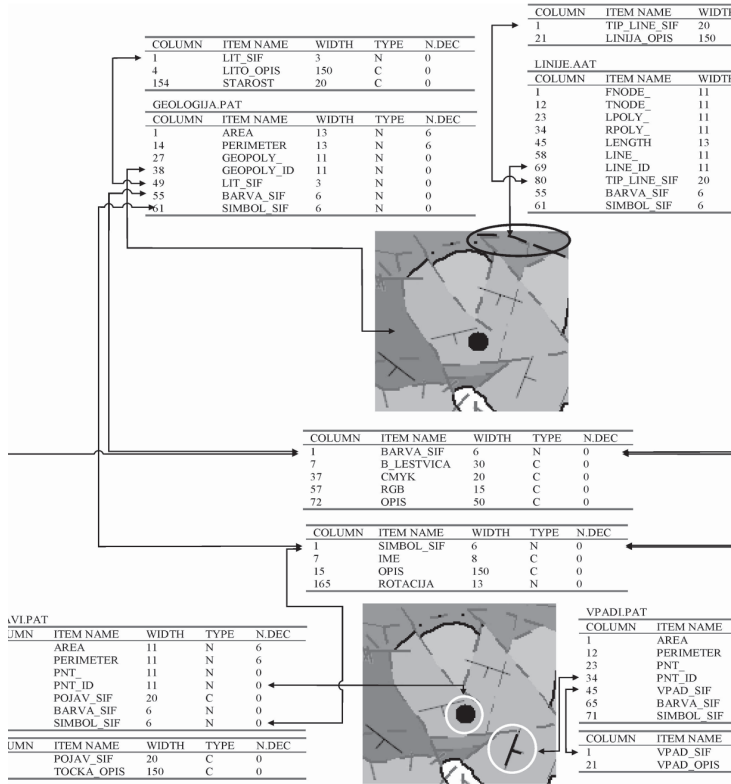
Na sliki 7 je prikazan topološki model geološke karte v GIS okolju, ki upošteva omenjene tri glavne koncepte topologije (slike 1-3).

Pri digitalizaciji litostratigrafskih enot (poligonov) pripišemo vsakemu poligonu identifikator litostratigrafske enote, ki služi kot povezovalni ključ do opisnih podatkov. Ti opisni podatki vsebujejo opise litologije in starosti. Geološke meje in strukturne elemente zajemamo kot linije, katerih opisni podatki podajajo tip geološke meje oziroma strukturnega elementa. Vpad plasti zajemamo kot točke, katerim sta pripisana tip, azimut in naklon vpada. Geološke pojave kot so nahajališča mineralnih surovin, najdišča fosilov itd. zajemamo kot točke, katerim pripišemo identifikator, ki nam poda opis tega pojava. Opisni podatki vseh objektov vsebujejo tudi kodo, ki podaja simbologijo prikaza objekta pri izrisu.

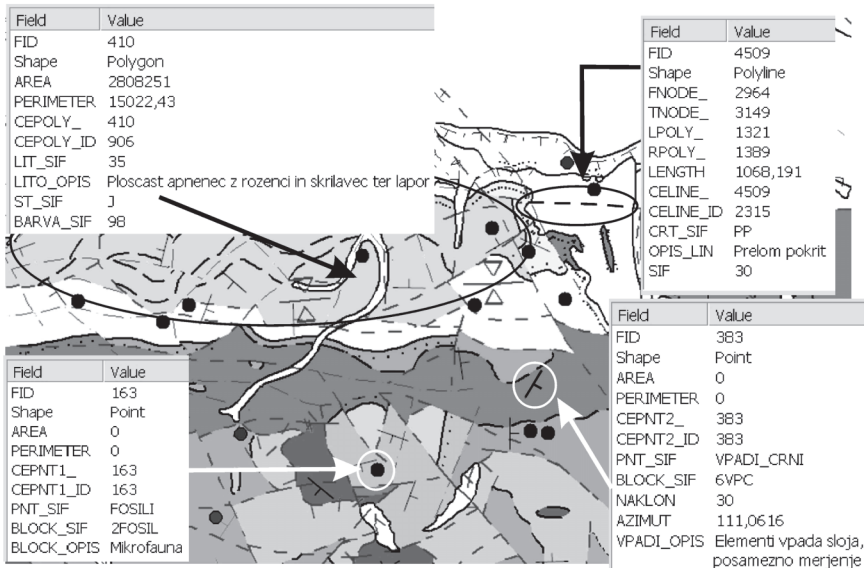
Na sliki 8 je podan prikaz osnovnega povpraševanja po objektih na karti.



Slika 6: Idejni model izdelave geološke karte (po Johnson et al., 1999)



Slika 7: Organiziranost podatkov Geološke karte v GIS-okolju – model topologije



Slika 8: Prikaz povpraševanja po objektih na geološki karti v GIS okolju

Zaključek

Tiskana geološka karta je statičen, kvalitativni, časovno pogojen in posplošen dokument, s prenosom v GIS-okolje pa postane dinamičen, časovno neodvisen in natančen sistem, ki je seveda odvisen od merila zajema podatkov.

Digitalna geološka karta je sinteza prostorskih (objekti, prikazani na karti) in opisnih podatkov (tabelarni opis objektov) ter legend. S pomočjo relacij med podatki nam GIS-okolje omogoča izdelavo kart najprimernejših lokacij za določene objekte in geoloških pojavov, izdelavo kart tveganj ter ogroženosti in tudi analize za pomoč pri odločitvi.

Digitalna geološka karta je eden izmed informacijskih slojev geološkega informacijskega sistema. Baza obstoječih digitalnih geoloških podatkov Geološkega zavoda Slovenije s pripadajočimi opisi se nahaja na spletni strani GIS borze <http://193.2.111.28/gu/aplik/opis/cepp/cepp.asp>.

Literatura

Objavljena:

Aronoff, S. 1989: Geographic Information System: a management perspective, WDL Publications, 294 pp., Ottawa, Canada

ESRI 1992: Understanding GIS – The ARC/INFO Method, 563 pp., ESRI, Redlands, USA

Hafner, J., Komac, M. & Poljak, M. 1999: Geološki informacijski sistemi – Končno poročilo za leto 1999. – Geološki zavod Slovenije, 48 str., Ljubljana.

Komac 2001a: Struturno tektonska karta Slovenije V GIS okolju in postopek njene priprave za tisk.- V: Horvat, A. (ur.). 15. Posvetovanje slovenskih geologov : povzetki referatov : abstracts of papers, (Geološki zbornik, 16), Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, str. 48-51, Ljubljana.

Komac, M. 2001b: Standardiziranje postopka digitalne kartografije tematskih geoloških kart in priprave za tisk. Geologija, 44/1, Ljubljana

Kvamme, K., Oštir-Sedej K., Stančič S., Šumrada R. 1997: Geografski informacijski sistemi, Znanstvenoraziskovalni center SAZU. Ljubljana.

Poljak, M., Komac, M. 2000: Strukturno-tektonska karta Slovenije M 1: 250.000. V: Dozet, S. Geološke karte – Izdelava in tiskanje geoloških kart s tolmači, Letno poročilo o rezultatih dela v letu 2000, Geološki zavod Slovenije, 5 str., pril., Ljubljana.

Schetselaar E., Brodaric B. de Kemp E. 1993: Data integration and GIS modelling for the field based Earth scientist, Workshop tutorial, Ottawa, Canada

Šinigoj, J. 1995. Izbira optimalne variante avtoceste z računalniškim modeliranjem geološko-morfoloških prostorskih podatkov. Diplomsko delo, Knjižnica Odseka za geologijo, NTF, 73 str., Ljubljana

Šinigoj, J., Komac, M., Hafner, J., Poljak, M., Šarabon, A. & Trebušak, I. 1998: Geološki informacijski sistemi – Končno poročilo za leto 1998. – Geološki zavod Slovenije, 72 str., Ljubljana.

Šinigoj, J., Komac, M., Šajn, R. Ribičič, M., Hribernik, K., Poljak, M., Šarabon, A., Trebušak, I., Kopitar, T., Mahne, M. & Kumelj, Š. 2000: Geološki informacijski sistemi – Končno poročilo za leto 2000.- Geološki zavod Slovenije, 87 str., Ljubljana.

Šinigoj, J., Komac, M., Kopitar, T., Mahne, M. & Kumelj, Š. 2001: Geološki informacijski sistemi – Končno poročilo za leto 2001.- Geološki zavod Slovenije, 154 str., Ljubljana.

Šinigoj, J. 2001: Geološki informacijski sistemi.- V: Horvat, A. (ur.). 15. Posvetovanje slovenskih geologov : povzetki referatov : abstracts of papers, (Geološki zbornik, 16), Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, str. 98-100, Ljubljana.

Šinigoj, J., Komac, M., Kumelj, Š., Hribernik, K., Kopitar, T. & Mahne, M. 2001: Geološki informacijski sistemi – Končno poročilo za leto 2002.- Geološki zavod Slovenije, 154 str., Ljubljana.

Žepič, F., Veselič, M., Mioč, P., Andjelov M., Šinigoj, J., Jagodic, T. & Mahne M. 1993. Državni geološki informacijski sistem Republike Slovenije – Zajem Geološke karte – I. Faza. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

Žepič, F., Hafner, J., Goossens, M., Ribičič, M. & Šinigoj, J. 1998: Necessary first step in the process of the establishing national geological information system – the slovenian experience.- International Conference on GIS for Earth Science Applications, Ljubljana 98 – proceedings, IGGG, p. 215-225, Ljubljana.

Splet:

Gautier, D L., 1999: Data Model for Single Geologic Maps: An Application of the National Geologic Map Data Model: U.S. Geological Survey Open-File Report 99-386. (<http://wrgis.wr.usgs.gov/open-file/of99-386/>)

Johnson, B. R., Brodaric, B., Raines, G. L., Hastings, J. T. & Wahl, R., 1999: Digital Geologic Map Data Model – Version 4.3. – Unpublished American Association of State Geologists / U.S. Geological Survey draft document, 69 p., Reston. (<http://ncgmp.usgs.gov/ngmdbproject/>)

McKee, F H., Wicham, T. A. & Wheeler, K. L. 1998: Evaluation of faults and their effect on ground-water flow southwest of Frenchman Flat, Nye and Clark Counties, Nevada: a digital database: U.S. Geological Survey Open-File Report 98-580. (<http://wrgis.wr.usgs.gov/open-file/of98-580/>)