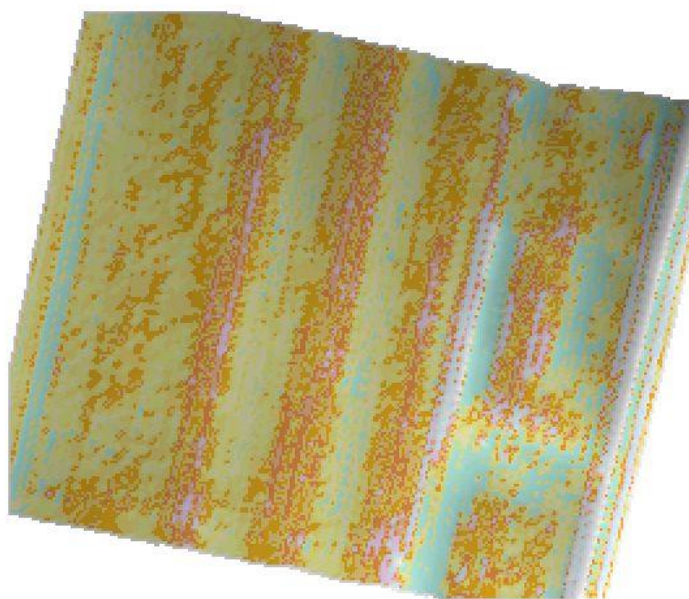


Gerð hæðarlíkana af fornleifum eftir mælingum með alstöð, GPS-tæki og eftir loftljósmyndum úr lágflugi

Garðar Guðmundsson



Fornleifastofnun Íslands

September 2001

FS486-98232

Mynd á forsiðu er af hæðarlíkani af hluta akurreina í túninu á Hólavöllum í Garðinum.

©2001 FORNLEIFASTOFNUN ÍSLANDS SES
BÁRUGÖTU 3
101 REYKJAVÍK
SÍMI: 551 1033
FAX: 551 1047
NETFANG: fsi@fornleif.is
www.fornleif.is

Inngangur

Einn þáttur rannsóknarinnar á fornum ökrum er að skrá nákvæmlega yfirborðseinkenni nokkurra meintra akra í þeim tilgangi að meta sameiginleg einkenni. Upplýsingar sem fást með þessu má síðan nota til að greina svipuð einkenni í landslagi annars staðar. Áhrifaríkasta skráningarleiðin er að byggja stafrænt hæðarlíkan sem hægt er að vinna með í tölvuforriti þar sem til dæmis er mögulegt að ýkja hæðarmun og draga fram og skýra einkenni sem ekki eru augljós á vettvangi.

Hæðarlíkön, eða landakort með hæðarlínum, af stórum landsvæðum eru gerð með því að teikna upp hæðarlínur eftir loftmyndapörum, stereómyndum. Þegar gerð eru stafræn hæðarlíkön af litlum landsvæðum, t.d. rústasvæðum eða einstakri rúst, er venjan að mæla svæðið upp með alstöð, stafrænu horna- og fjarlægðarmælingatæki. Nákvæmni alstöðvar er u.þ.b. 1 mm. Slík mæling er gerð af tveimur mælingarmönnum, annar gengur með prismapegil á stiku og velur punkta til mælingar en hinn miðar alstöðinni á spegilinn og skráir punktana inn á hana. Að lokinni mælingu á vettvangi eru gögnin færð inn á tölvu til frekari vinnslu.

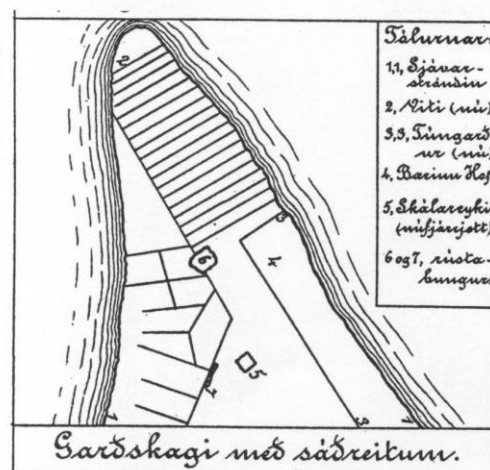
Undanfarinn áratug hefur nákvæmni GPS-staðsetningartækja aukist verulega en þau nema upplýsingar frá gervitunglum og reikna út staðsetningu mælipunktarins. Fullkomið GPS-tæki gefur kost á að gera mjög nákvæmar staðsetningarmælingar með fárra sekúndna millibili (continuous kinematic surveying). Mælinákvæmni við góð skilyrði, þ.e. þegar ákveðinn lágmarksfjöldi gervitungla er í tiltekinni lágmarkshæð yfir sjóndeildarhring, er innan við 1 sm. Mæling fer þannig fram að einn maður ber hluta tækjasamstæðunnar og gengur um það landsvæði sem skrá skal, en tækið skráir staðsetningu á nokkurra sekúndna fresti. Gögnin eru síðan vistuð á tölvu til frekari úrvinnslu. Einnig er hægt að mæla ákveðna punkta, þ.e. nota GPS-tækið á svipaðan hátt og við mælingu með alstöð. GPS tæki af þeirri gerð sem hér um ræðir gerir einum manni því kleift að mæla nákvæmlega upp landsvæði á skjótan og auðveldan hátt og búa til nákvæmt stafrænt hæðarlíkan.

Loftmyndir til gerðar hæðarlíkana sem teknar eru úr lágflugi gefa möguleika á að teikna hæðarlínur með minni hæðarmun, en myndir sem teknar eru úr mikilli hæð eins og venja er að nota við gerð landakorta. Á grundvelli þessa mátti ætla að með því að taka myndapör úr lítilli hæð t.d. yfir meintum akri, mætti gera stafrænt hæðarlíkan með nákvæmni sem væri fullnægjandi til að greina þau einkenni sem til rannsóknar væru. Fyrirtækið Ísgraf

ehf í Reykjavík hefur yfir að ráða tækja- og hugbúnaði til að vinna hæðarlíkön úr slíkum myndpörum, og hann auðveldar og einfaldar vinnsluferlið til muna. Loftmyndapörum er komið á tölvutækt form (skannaðar) og forrit sér um að rétta þær upp og teikna hæðarlínur.

Árið 1997 fengu Fornleifastofnun Íslands og umhverfis- og byggingaverkfræðiskor Háskólans styrk úr bygginga- og tækjakaupasjóði RANNÍS til kaupa á fullkomnum landmælinga- og staðsetningartækjum. Voru þetta annars vegar NIKON 730 alstöð til horna- og fjarlægðarmælinga og Trimble 4600LS GPS staðsetningar- og landmælingatæki ásamt fullkomnum hugbúnaði til úrvinnslu gagna. Það lá beint við að reyna þessi nýju tæki í akrarannsókninni og bera saman nákvæmni og hagkvæmni þess að gera hæðarlíkana annars vegar með alstöð og hins vegar með hinu nákvæma GPS tæki. Þar sem hluti rannsóknarinnar fólst og í fjarkönnun úr flugvél þótti lag að kanna um leið hvort gerð nákvæmra hæðarlíkana eftir loftmyndum úr lágflugi væri fýsileg. Jafnframt gæfist færi á að bera þessa aðferð saman við gerð líkana með alstöð og GPS tækjum. Samanburðurinn beindist einkum að þremur þáttum, tíma, kostnaði og nákvæmni.

Akurlöndin á Garðskaga voru valin til þess að reyna hinar mismunandi aðferðir við hæðarlíkanagerð. Akurgarðar þeir sem Brynjólfur Jónsson lýsir í Árbók Hins íslenska fornleifafélags 1903 á svæðinu sunnan Garðskagavita eru hvað greinilegastir í landi Hólavalla og á nálægum landareignum (sjá myndir 1 og 2). 3000 m² reitur norðan útihúsanna á Hólavöllum var valinn til mælinga á jörðu niðri og u.þ.b. 13.000 m² svæði þar í kring myndað úr lofti (sjá myndir 2 og 6).



Mynd 1. Uppdráttur Brynjólfs Jónssonar af meintum akurlöndum á Garðskaga.

Gerð stafræns hæðarlíkans með GPS

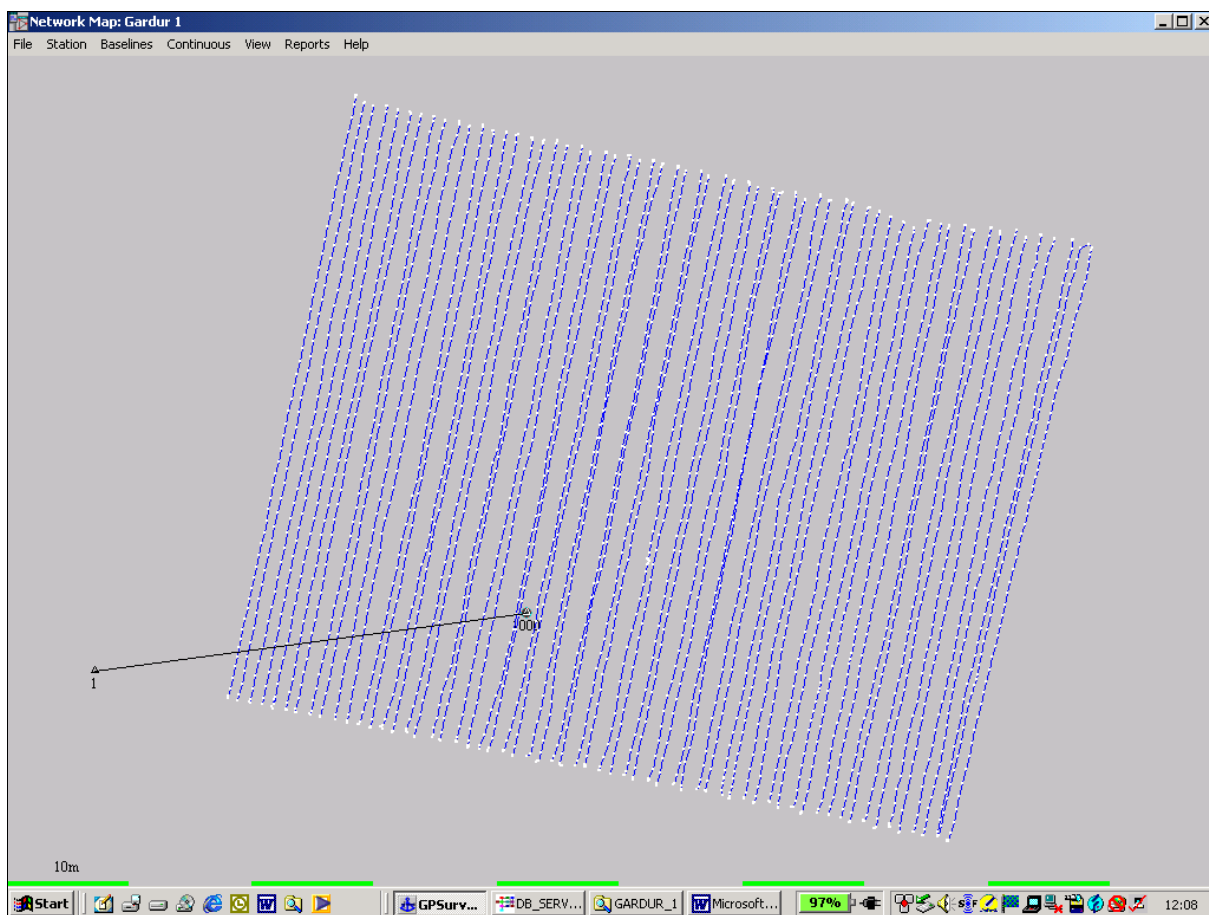
GPS staðsetningar- og landmælingatækið Trimble 4600LS samanstendur af tveimur móttökustöðvum, grunnstöð (base station) og flakkara (rover station), og gagnastokki auk forrita. Undirbúningur sjálfrar mælingarinnar hefst með því að grunnstöðinni er stillt upp, venjulega rétt utan við það svæði sem mæla skal. Stöðin er ræst og látin staðsetja sig, þ.e. hún tekur við ákveðnu magni upplýsinga frá gervitunglum og reiknar út staðsetningu sína mjög nákvæmlega. Þetta tekur u.þ.b. 20-40 mínútur, eftir því hversu mörg gervitungl eru á braut yfir



Mynd 2. Lóðrétt mynd af Hólavöllum. Svæðið sem mælt var er innan rauða ferhyrningsins og er 60x50 m. Norður er nánast beint upp eftir mæni hvíta þaksins efst til vinstri.

mælingarstaðnum. Meðan grunnstöðin reiknar út staðsetningu sína er mæling svæðisins undirbúin. Þegar grunnstöðin er tilbúin er flakkarinn tengdur gagnastokknum, hann ræstur og stilltur fyrir mælingu (hér á continuous kinematic surveying). Að þessu loknu getur sjálf mælingin hafist. Þegar gengið er um svæðið vistast mælipunktarnir jafnóðum í gagnastokkinn og að lokinni mælingu eru niðurstöðurnar geymdar í honum þar til þær eru fluttar yfir á tölvu til vinnslu.

Mælingin á Hólavöllum. Í ljósi þess hve GPS-tækið skráir mælipunkta ört og vegna þess að vænta mátti hæðarmunar eða einkenna á svæðinu sem ekki væru augsýnileg berum augum, var ákveðið að ganga með mælitækið eftir einskonar hnitakerfi yfir allt svæðið frekar en að mæla beint þann hæðarmun á svæðinu sem sjáanlegur var. Lagt var út málband á tvær hliðar svæðisins og gengið fram og til baka sem næst samsíða böndunum með 1 m millibili (sjá



Mynd 3. Mælingaferill GPS mælingar á Hólavöllum. Hver hvítur punktur er einn mælipunktur. Norður er beint upp.

mæliferilinn á mynd 3). Með þeim hraða og þeirri stillingu sem GPS stöðin var á skráðist u.þ.b. einn mælipunktur á hvern genginn metra (sjá mynd 3).

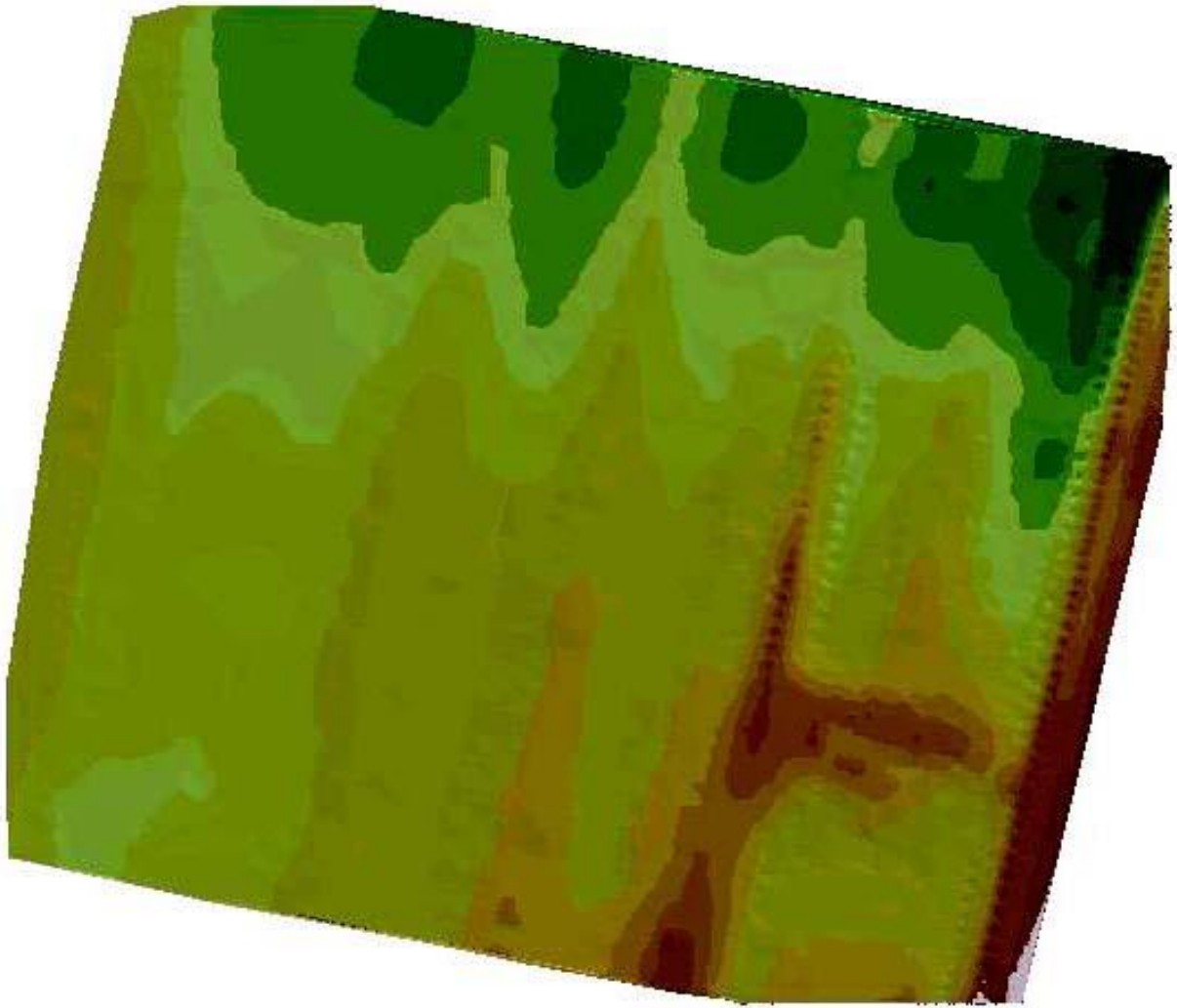
Að lokinni mælingu voru gögnin í stöknum færð yfir á tölvu og unnin í forritinu GPSurvey, útgáfau 2.20. Forritið reiknar út grunnlínur milli grunnstöðvarinnar og hvers mælipunkts og vistar hnit hvers punkts í töflu (norðlæg breidd, vestlæg lengd og hæð).

Unnið var með hnit punktanna í forritinu ArchView, útgáfau 3.2. Þar voru teiknuð hæðarlínukort með 5 cm hæðarmun og búið til hæðarlíkan sem best þótti lýsa yfirborðseinkennum svæðisins (sjá myndir 4 og 5).

Með þessari aðferð mældi einn maður 3.216 punkta á 3000 m² svæði að Hólavöllum (sjá myndir 2 og 3), og tók mælingin um 90 mínútur, frá því byrjað var að stilla upp mælitækjunum og þar til lokið var við að pakka þeim niður. Úrvinnsla gagna úr mælingum með GPS tæki, þ.e. gagnaflutningur frá gagnastokki í tölvu, útreikningar á mælipunktum og gerð stafræns hæðarlíkans tekur þjálfaðan mann u.þ.b. hálfan vinnudag.



Mynd 4. Hólavellir. Hæðarlínur dregnar með u.þ.b. 5 cm hæðarmun eftir GPS-mælingu. Norður er upp.



Mynd 5. Hólavellir. Hæðarlíkan gert eftir GPS-mælingu. Norður er beint upp.

Gerð stafræns hæðarlíkans með alstöð

Þegar niðurstöður mælinga með GPS-tækinu lágu fyrir, var ljóst að þær höfðu í flestu mikla yfirburði yfir mælingar með alstöð. Samkvæmt reynslu þeirra sem stóðu að mælingunum eru eðlileg afköst með alstöð u.þ.b. 1.000-1.500 mælipunktur á dag miðað við 8 tíma vinnudag. Tvo menn þarf til mælinga með alstöð. Mælingar á 3.200 punktum með GPS-tæki á Hólavöllum tók einn mann um einn og hálfan klukkutíma. Það tekur svipaðan tíma að undirbúa mælingu með GPS-tæki og alstöð. Þegar alstöð er notuð og nauðsyn er á að tengja mælinguna við landshnitakerfið, eða annað kerfi, t.d. hnitakerfi sveitarfélags, getur farið nokkur tími í að mæla fastan punkt hnitakerfisins inn í hnitakerfi það sem sett er upp yfir fornleifunum. Þetta er ekki nauðsynlegt þegar GPS tæki er notað þar sem mælingar eru þá reiknaðar í ákveðnu hnitakerfi sem hægt er að varpa inn í önnur hnitakerfi við úrvinnslu. Tímasparnaður er því augljós.

Fleiri þætti er vert að hafa í athuga. Nákvæmni GPS-mælinganna er u.þ.b. 1 cm eins og áður var getið, en nákvæmni mælinga með alstöð er u.þ.b. 1 mm. Nákvæmni upp á mm við mælingar á yfirborði landsvæðis er hinsvegar óþörf. 1 cm nákvæmni er nægjanleg í mælingum sem þessum.

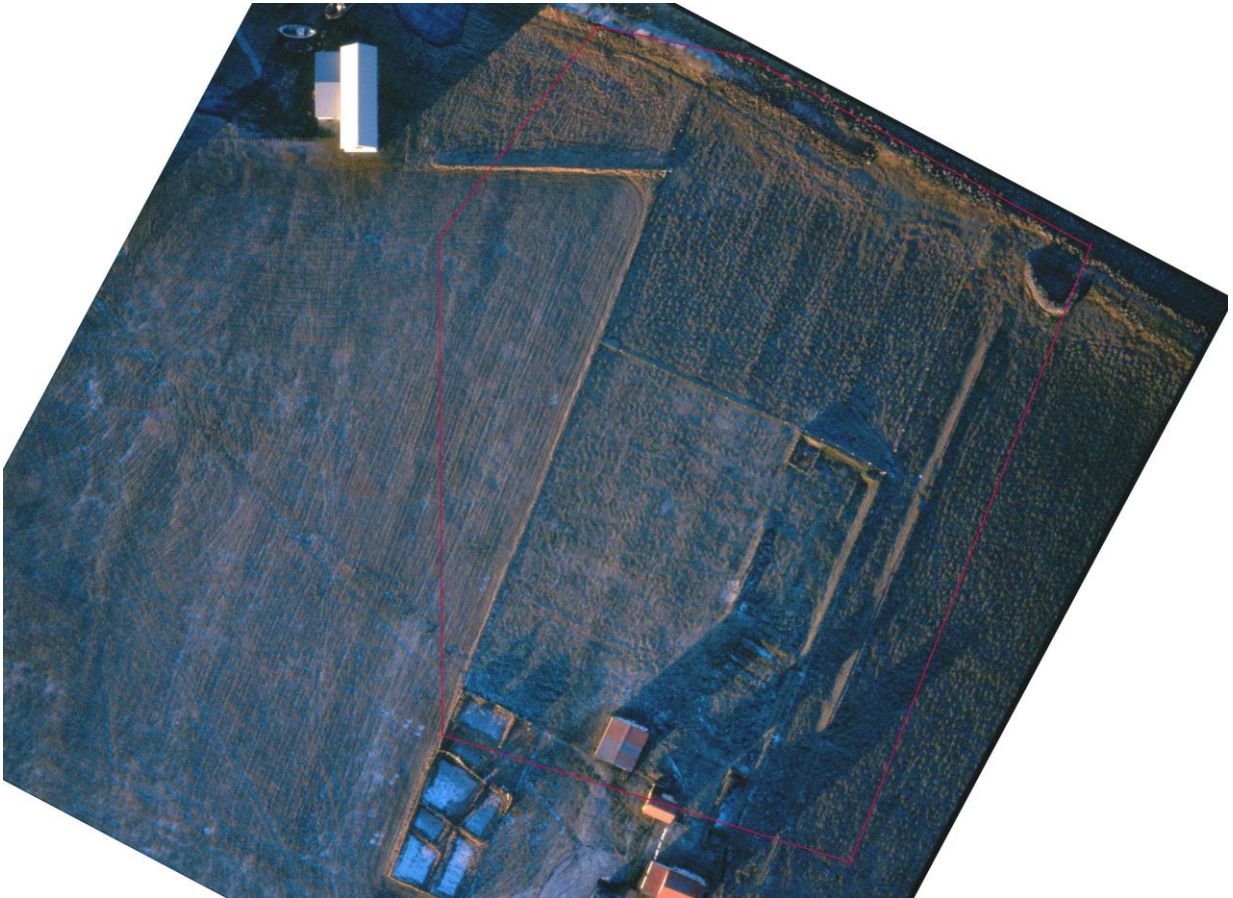
Tími sá sem fer í að setja upp á vettvangi alstöð annars vegar og GPS tæki hins vegar er mjög svipaður. Sama má segja um úrvinnslu gagna úr mælingum. Mælingargögn af vettvangi eru á sambærilegu formi og þarf að meðhöndla á svipaðan hátt. Lokagerð hæðarlíkansins er unnin í sömu eða sambærilegum tölvuforritum.

Munur á stofnkostnaði er töluverður. Munur á verði alstöðvar og GPS tækis með þá nákvæmni sem hér um ræðir var u.þ.b. 1:2,5 árið 1997. Þess ber þó að geta að verð á sambærilegum GPS tækjum er nú mun lægra. Þjálfun í meðferð tækjanna tekur svipaðan tíma og úrvinnsla gagna krefst sambærilegrar færni.

Á grundvelli þessara atriða og vegna þess að rannsóknarfé var af skornum skammti, þótti ekki ástæða til að gera mælingu með alstöð á vettvangi til samanburðar við mælingar með GPS-tæki.

Gerð stafræns hæðarlíkans með loftmyndapörum úr lágflugi

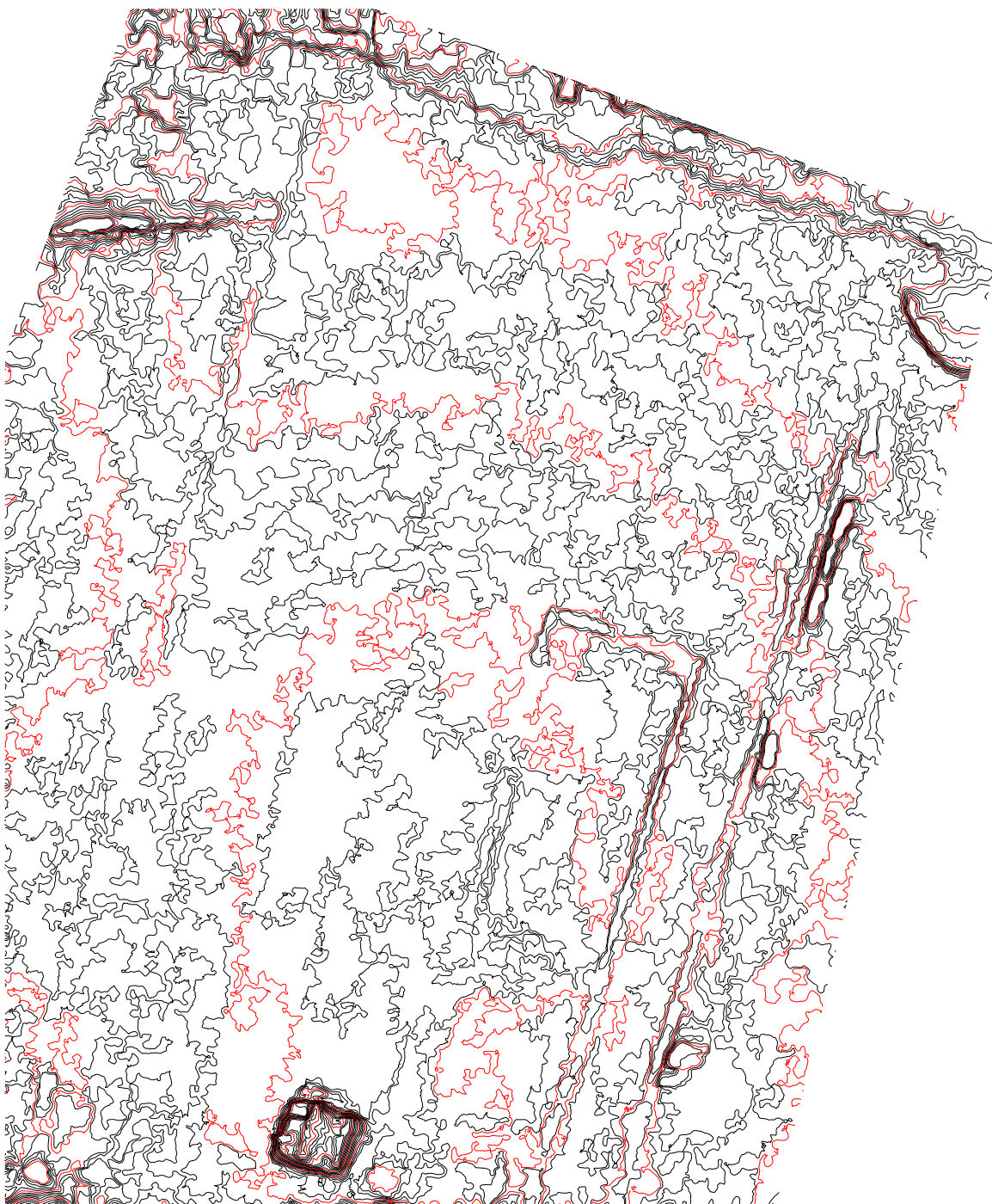
Nokkrir þættir hafa áhrif á það hversu nákvæm hæðarlíkön hægt er að búa til á grundvelli ljósmyndapara sem tekin eru úr lágflugi. Ýmsir þeirra eru samverkandi, eins og t.d. flughraði og flughæð, gerð ljósmyndalinsu, hversu margar myndir á tímaeiningu myndavélin getur tekið og hraði filmufærslu. Í rannsóknarverkefni því sem hér um ræðir var notuð flugvél af gerðinni



Mynd 6. Hólavellir. Hæðarlíkan eftir loftljósmyn dapari var gert af svæðinu sem er afmarkað með rauðri línu. Norður er upp. Ljósmyndari Kolbeinn Árnason.

Skymaster C-337, sem er sérútbúin til fjarkönnunar og loftmyndatöku. Myndavél af gerðinni Hasselblad með 80 mm linsu, 6x6 cm filmustærð og sjálfvirkum filmuvindara var notuð. Ljósmyndapör voru tekin af öllum fjórum rannsóknarstöðunum, en parið frá Garðskaga valið til frekari vinnslu.

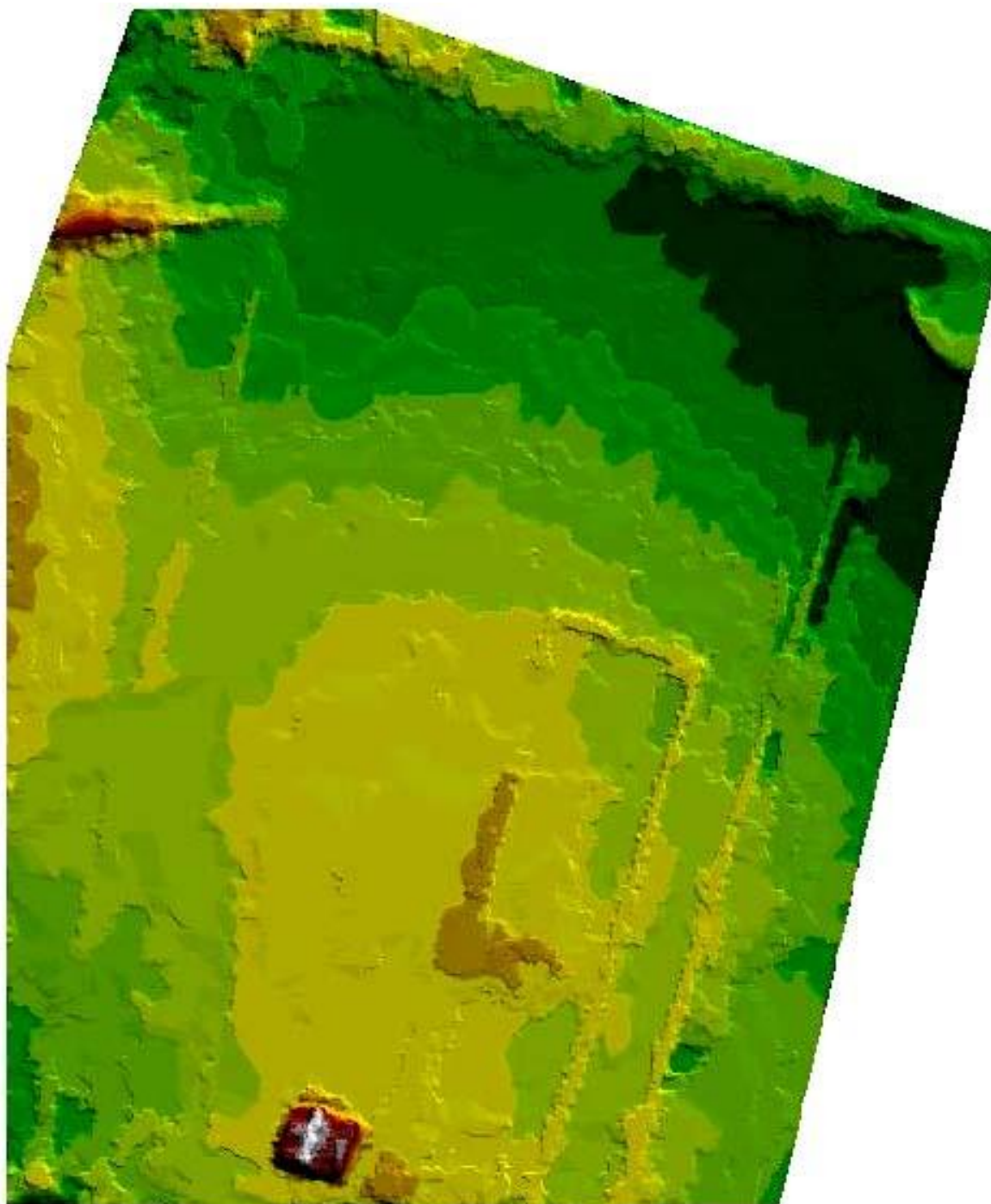
Myndaparið var af þeim hluta svæðisins sem liggur í og umhverfis Hólavelli. Myndirnar voru teknar úr 1000 feta hæð og náðu yfir u.þ.b. 13.000 m² svæði (sjá mynd 6).



Mynd 7. Hólavellir. Hæðarlínur dregnar eftir loftljósmyndapari úr 1000 feta hæð. Hæðarmunur milli lína er 10 cm. Norður er upp.

Hjá fyrirtækinu Ísgraf ehf var myndaparið skannað inn á tölvu, rétt upp og forritið látið reikna út hæðarlínur eftir punktum á 20 cm netkerfi. Hæðarmunur milli hæðarlína var 10 cm.

Grunngögnin voru síðan færð yfir í forritið ArchView þar sem frekari vinnsla fyrir myndræna framsetningu fór fram. Sjá má þær niðurstöður á myndum 7, 8 og 9.



Mynd 8. Hólavellir. Hæðarlíkan gert eftir loftljósmyndum. Norður er beint upp.



Mynd 9. Hólavellir. Samanburður á hæðarlíkönunum af sama svæði gerðum eftir mælingum með GPS-tæki (efri mynd) og eftir loftmyndapari teknu úr 1000 feta hæð (neðri mynd). Skikinn er u.þ.b. 50x60 m að stærð.

Á grundvelli loftljósmyndapara sem tekin voru með þessari einföldu myndavél tókst að gera mjög nákvæmt stafrænt hæðarlínukort og hæðarlíkan þar sem helstu yfirborðseinkenni koma glögggt fram. Garðarnir sem afmarka Hólavallaspilduna og garðarnir sem hólfa af kartöflugarðinn þar, (landræman vestast í Hólavallalandinu) eru mjög greinilegir. Afliðandi hallinn frá húsunum og norður að sjávarvarnargarðinum sem stendur á malarkambinum kemur og vel í ljós. Þrátt fyrir þetta koma ekki fram aflöngu garðarnir sem sjást á loftmyndinni (mynd 6) og eru að öllum líkindum leifar þær sem Brynjólfur Jónsson sá upp úr aldarmótunum 1900 og taldi vera eftir kornakra (mynd 1). Hæðarmunur hæðarlínanna virðist of mikill til að draga þessi fyrirbrigði fram. Mælingarnar með GPS-tæki gera það hins vegar kleift að teikna hæðarlínukort og gera hæðarlíkan með 5 cm hæðarmun sem nægir til þess að akurgarðarnir verða greinilegir. Þessi munur á „hæðarupplausn“ er greinilegur þegar hæðarlíkön af sama skikanum eru borin saman á mynd 9. Hugsanlegt er að gera mætti hæðarlínukort með minni hæðarmun sem leiddi þessi yfirborðseinkenni í ljós með því að taka myndapör úr minni hæð, eða með því að beita annarri úrvinnsluaðferð.

Leiga á flugvélinni sem hér var notuð kostar 35 þúsund krónur á klukkutímann og leigugjald fyrir myndavél er 7 þúsund krónur á dag. Filma og framköllun kostar um 1.500 krónur. Flugferðin til töku myndanna í Garðinum tók um 1 klukkutíma og taxtinn fyrir vinnslu á myndapari hjá Ísgraf er 60 þúsund krónur. Lokavinnsla grunngagna tekur svipaðan tíma og úrvinnsla mælinga með alstöð og GPS-tæki, eða um hálfan dag.

Lokaorð

Hér hafa verið bornar saman aðferðir við gerð stafrænna hæðarlíkana af fornleifum eftir gögnum úr mælingum á vettvangi með GPS-tæki og alstöð og eftir myndapörum teknum úr flugvél í lágflugi. Af þessum samanburði er ljóst að nákvæmni mælinga með fullkomnu GPS-tæki er nægileg til slíkra verkefna. Hagkvæmni GPS mælinga, þ.e. hversu stórt svæði hægt er að mæla á unna tímaeiningu, samanborið við mælingar með alstöð, er einnig greinileg. Á grundvelli loftljósmyndapara sem tekin voru úr 1000 feta hæð reyndist kleift að teikna upp hæðarlínukort af u.þ.b. 13.000 m² svæði með 10 cm hæðarlínunum. Þessi hæðarmunur var ekki nægjanlegur til að kalla fram þau yfirborðseinkenni á svæðinu sem vitað var um. Aðrar fornleifar komu hins vegar glögg fram sem sýnir að þessi aðferð er vel nothæf til þess að gera stafræn hæðarlíkön af vissum tegundum fornleifa. Kostnaður við þess aðferð er hins vegar það mikill að hún er trauðla réttlætanleg nema e.t.v. við mjög sérstæðar aðstæður.