

E4.33. Д1 Оценка на полезността на всеки един от изследваните методи в практическата работа на метеорологическите радари.

Извършва ръководителя на проекта или неговите заместници, съвместно с водещите изследователи в областта на цифрова обработка на сигнали, моделиране на радарни задачи, развойна дейност в областта на радарите. Участват общо 9 висококвалифицирани специалисти в изброените области с поне 10 години професионален опит и 4 външни специалисти по обслужване на радарите на половин работен ден

Разделът беше разработен, както следва:

E4.33.Д1.1. инж. Павел Павлов, Изследовател цифрова обработка;

E4.33.Д1.2. д-р инж. Иван Стоянов, научен ръководител на проекта и отговорен изследовател;

E4.33.Д1.3. д-р инж. Станислав Бабалов, научен ръководител на проекта по изследователската част;

E4.33.Д1.4. инж. Димитър Стоянов, научен ръководител на проекта по развойната дейност;

E4.33.Д1.5. инж. Уляна Кръстева, изследовател дискретизация;

E4.33. Д1.6 инж. Соня Проконова, Водещ изследовател цифрова обработка

инж. Илко Бешински, водещ изследовател радари и комуникации – методическа помощ при оценка на полезността на изследваните методи в частта на отчитане влиянието на точността на експерименталната платформа;

инж. Здравка Николова, водещ изследовател авангардни електронни технологии – методическа помощ оценка на полезността на изследваните методи в частта на отчитане на технологичните възможности за реализация;

инж. Христо Колчев, изследовател програмно и хардуерно моделиране- методическа помощ в частта при оценка на полезността на изследваните методи, заложен в FPGA матрицата на платформата;

Метеорологичен специалист Румен Димитров – методическа помощ при оценка на полезността от гледна точка на експлоатацията на метеорологичните радари;

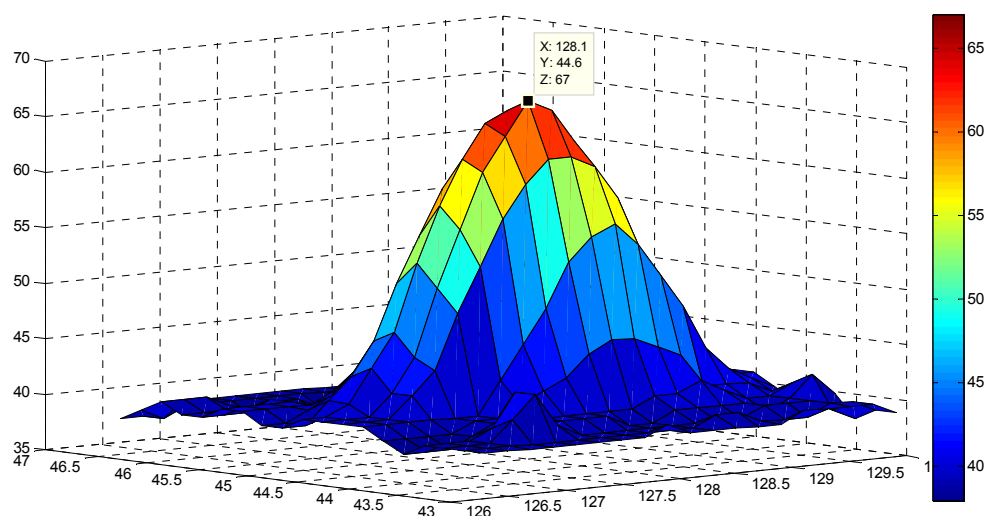
Доц. Румяна Мицева- методологическа помощ по оценка на полезността по отношение на градозащитата.

Метеорологичен специалист Иван Янев – методическа помощ по оценка на полезността по отношение на комуникационно-информационна среда;

Метеорологичен специалист Симчо Сотиров – методическа помощ и съгласуване на резултатите при оценка на полезността на изследваните методи по отношение на теоретични модели на метеорологичните обекти;

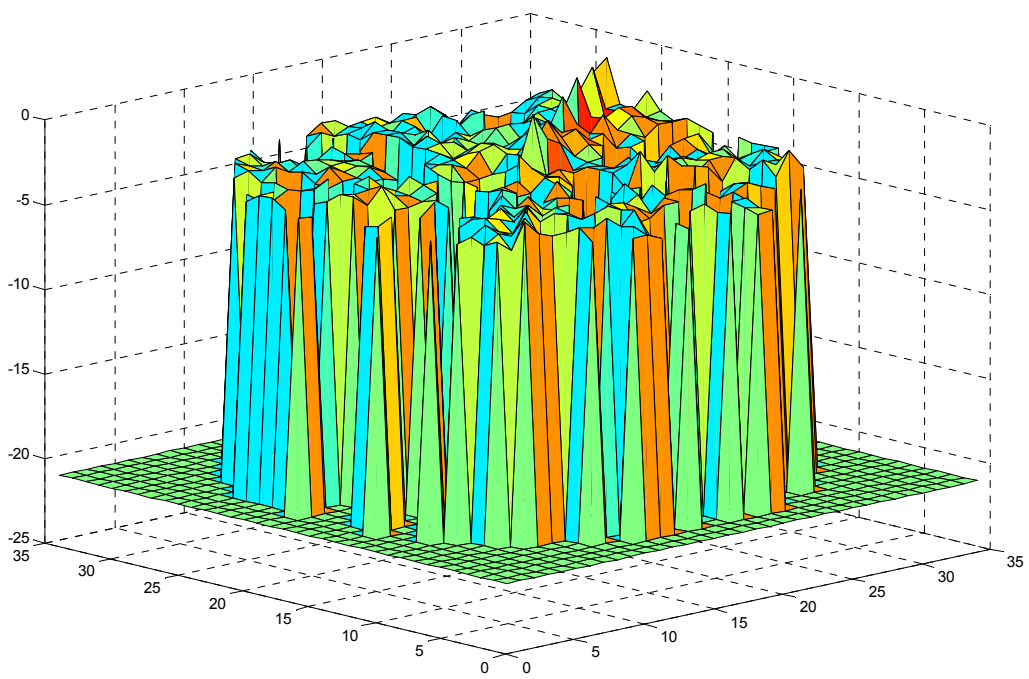
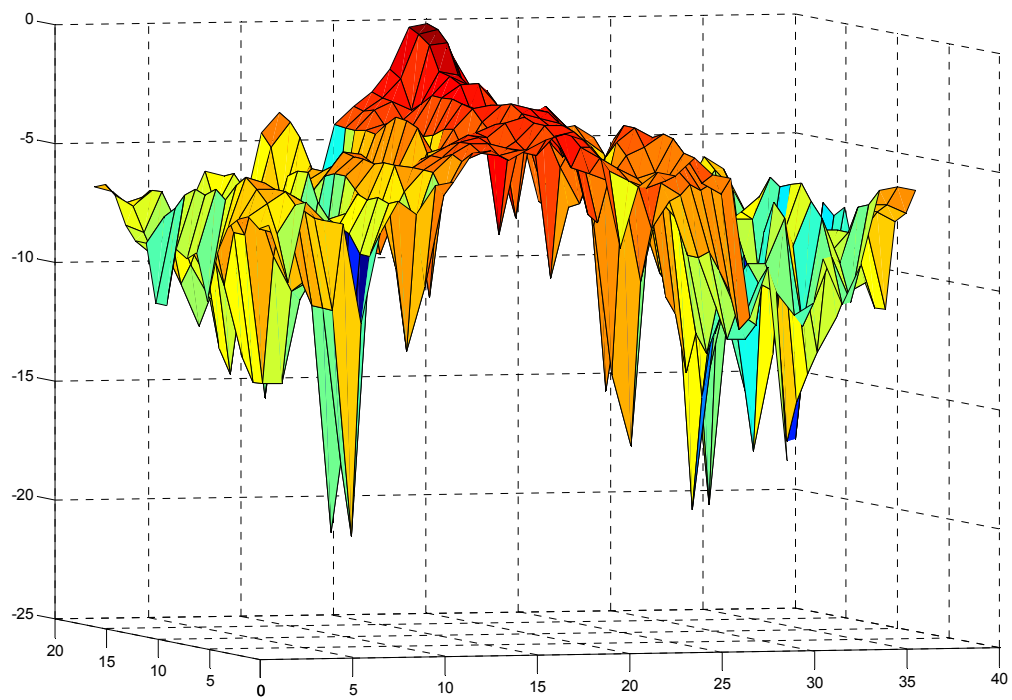
E4.33. Д1.1 Оценка на полезността на метода за дистанционно калибриране на радар с непрекъснато излъчване от активна цел в практическата работа на метеорологическите радари.
Инж. Павел Павлов

Методът за дистанционно калибриране на радари с непрекъснато излъчване от активна цел, дава редица предимства при калибриране на метеорологичните радари, в сравнение с методите с прилагане на локален сигнален генератор. Това важи преди всичко при оценка на диаграмата на насоченост и коефициента на усилване на антената на РЛС. За сравнение на фигурите по-долу са показани диаграми на насоченост на антената на метеорологичен радар, снети с помощта на слънчевата радиация:

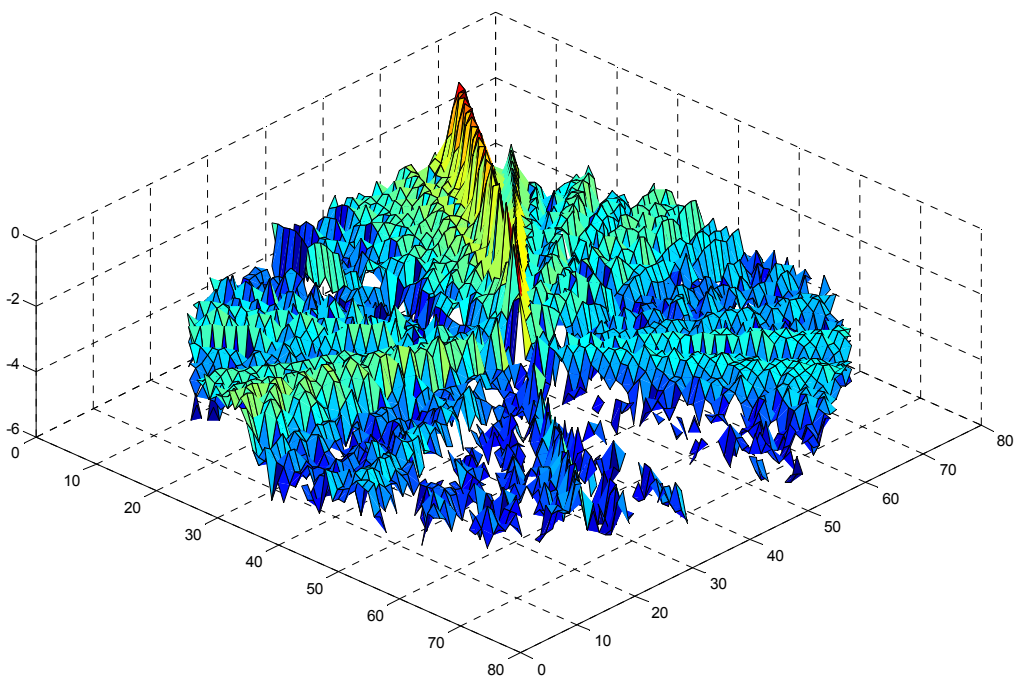
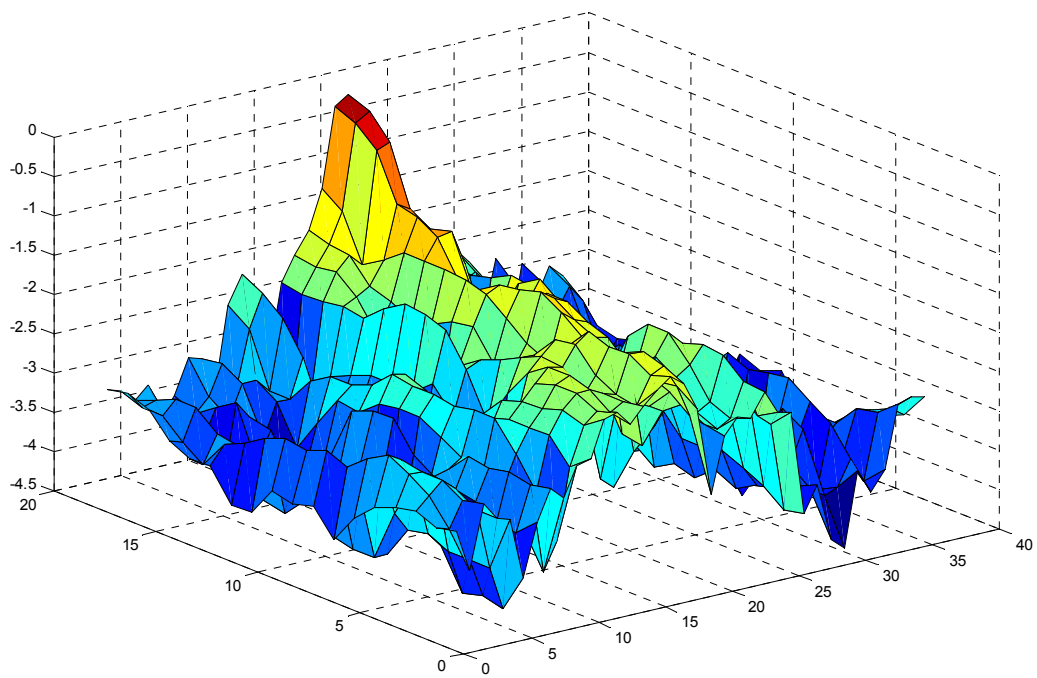


Този метод служи прекрасно за оценка на основния лист на диаграмата за насоченост на антената и съответно изчисляване на усилването на антенната система на РЛС. В същото време, поради слабото ниво на слънчевата радиация (няколко децибела над нивото на собствения шум на приемника на РЛС, особено в 3см диапазон, където радиовълните затихват много по-силно, страничните и задните листа на диаграмата на насоченост на РЛС не могат да се опишат и оценят.

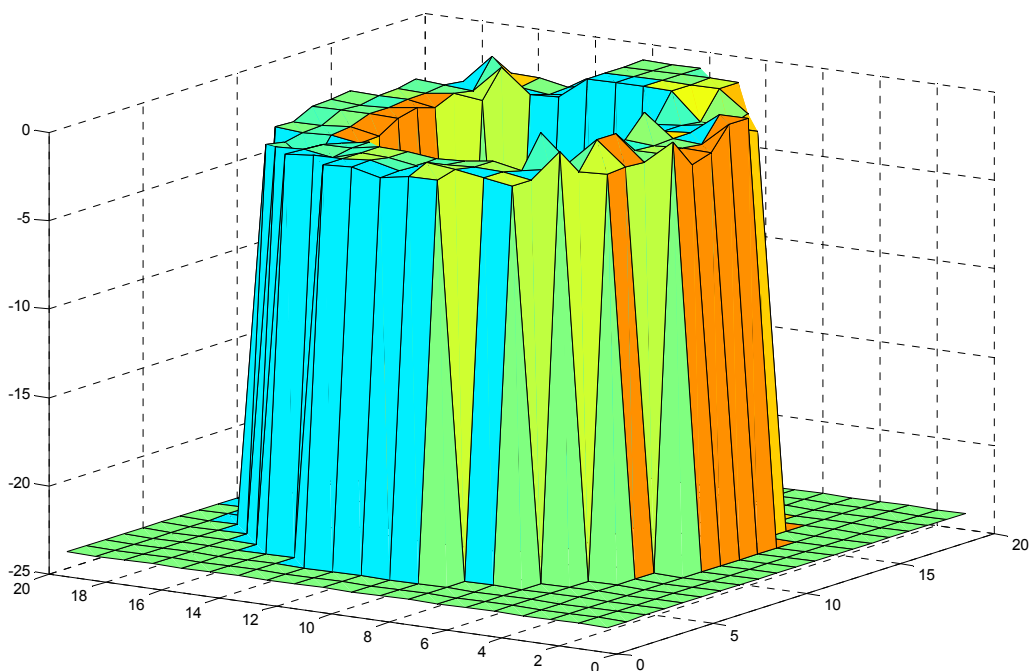
На фигурата по-долу за сравнение е показана диаграмата на насоченост на метеорологичен радар GCD, снета с помощта на дистанционно непрекъснато излъчване на активна цел:



STS



BRD



Както може да се види от фигурата, с помощта на дистанционно излъчване от активна радарна цел могат да се опишат не само главния лист на диаграмата на насоченост на антената на РЛС, но и страничните и задните листа на диаграмата. Това е така, защото активната цел излъчва и доставя в антената на РЛС много по-висока мощност, която е достатъчна да опише и страничните и задни листа, които са с ниво $> 20\text{dB}$ под нивото на основния лист на диаграмата. Това дава съвсем нови възможности при калибриране на радарите, защото позволява да се оцени реалната диаграма на антената на РЛС и в двата работни честотни диапазона, отчитайки реално формираната на полева позиция диаграма на антената, отчитаща влиянието и на местните предмети.

Следователно, в допълнение на слънчевото калибриране, методът с дистанционно излъчване на непрекъснат сигнал от активна радарна цел, дава редица преимущества, основно до снемане на диаграмата на антената на РЛС.

Също така, той може да се използва, за точно ориентиране на немодернизирани радиолокационни станции, които не разполагат с програма за слънчево ориентиране. В такива случаи, на точно ориентирани радарни позиции, може да се разположи комплекта за непрекъснато излъчване и през антената на точно ориентирания радар да се облъчва с непрекъснат сигнал антената на немодернизирания радар за точно ориентиране на последния.

Е4.33. Д1.2 Оценка на полезността на метода за дистанционно калибриране на радар с преизлъчване на радарен сигнал от активна цел в практическата работа на метеорологическите радари.

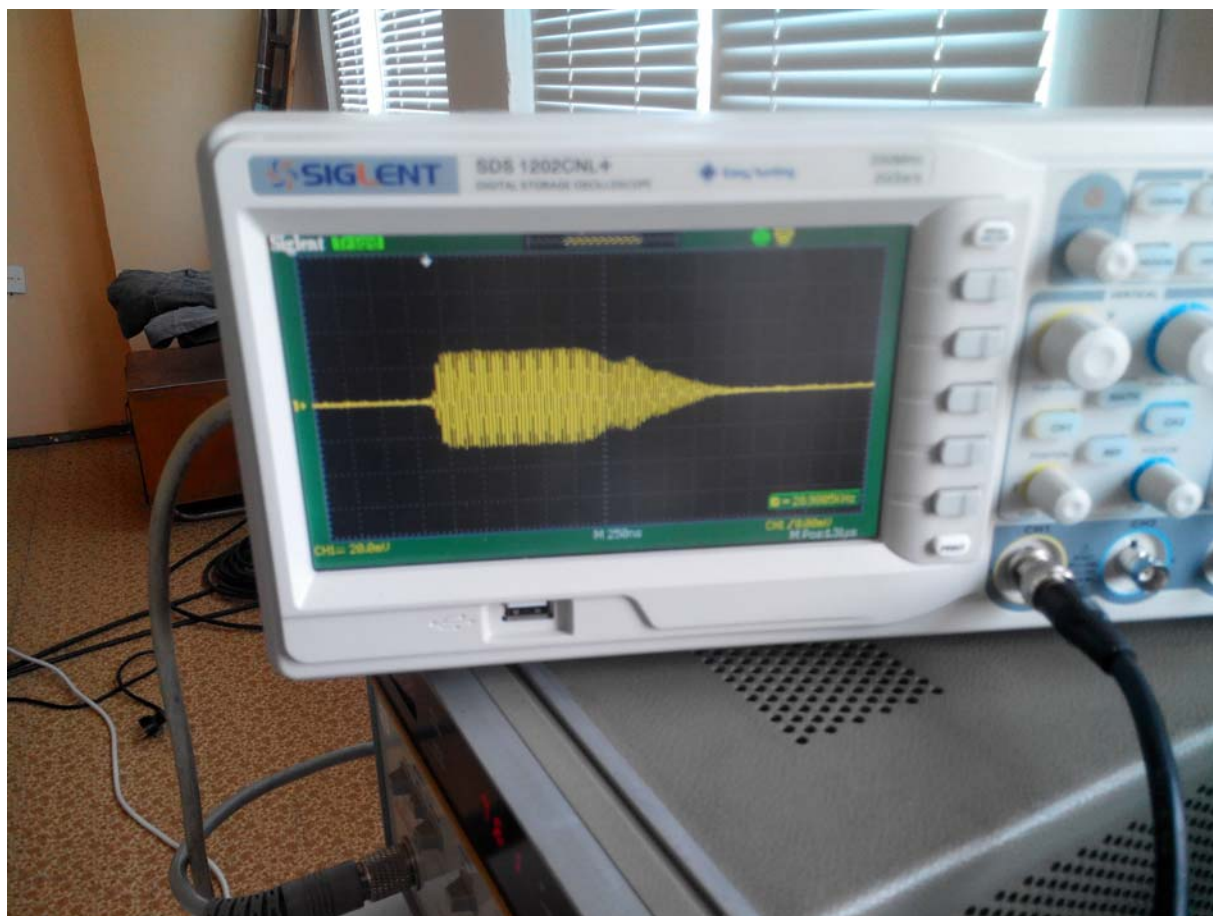
Д-р инж. Иван Стоянов

Научен ръководител на проекта

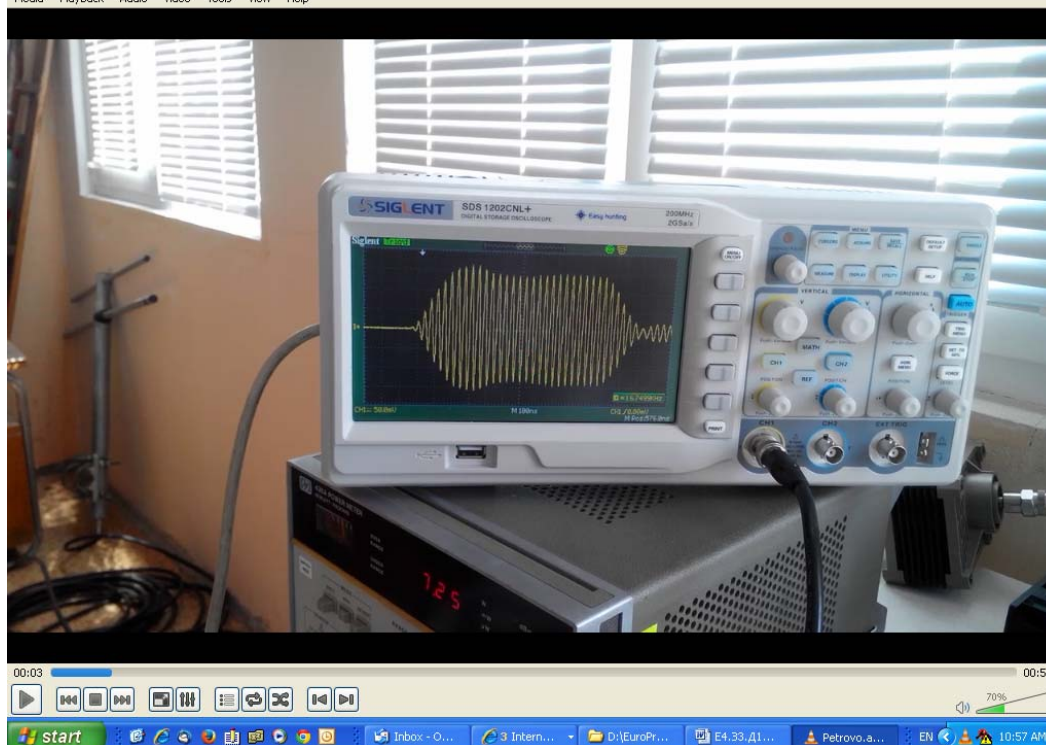
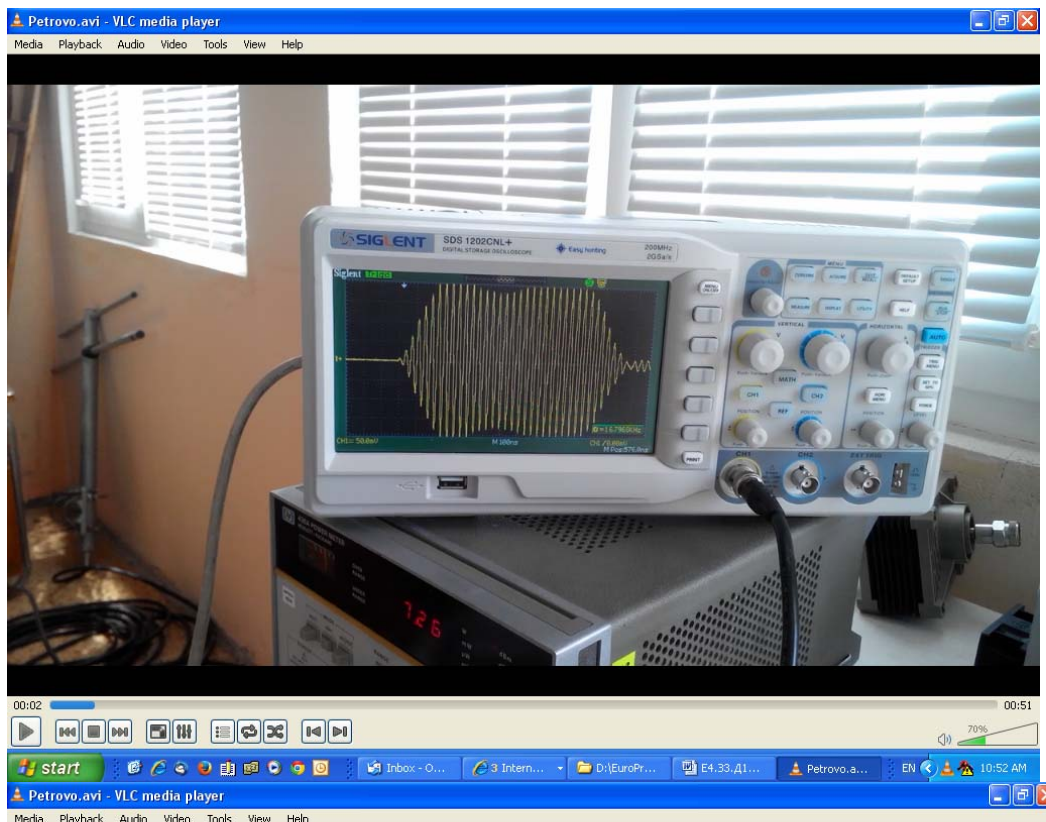
За разлика от метода с непрекъснатото излъчване от активна радарна цел, който дава възможност за калибриране само на приемната част на радиолокационната станция (РЛС) открай докрай, метода с преизлъчване на излъчения от метеорологичния радар сигнал, обратно в направление на радара, дава възможност за калибриране, както на приемната, така и на предавателната части на РЛС.

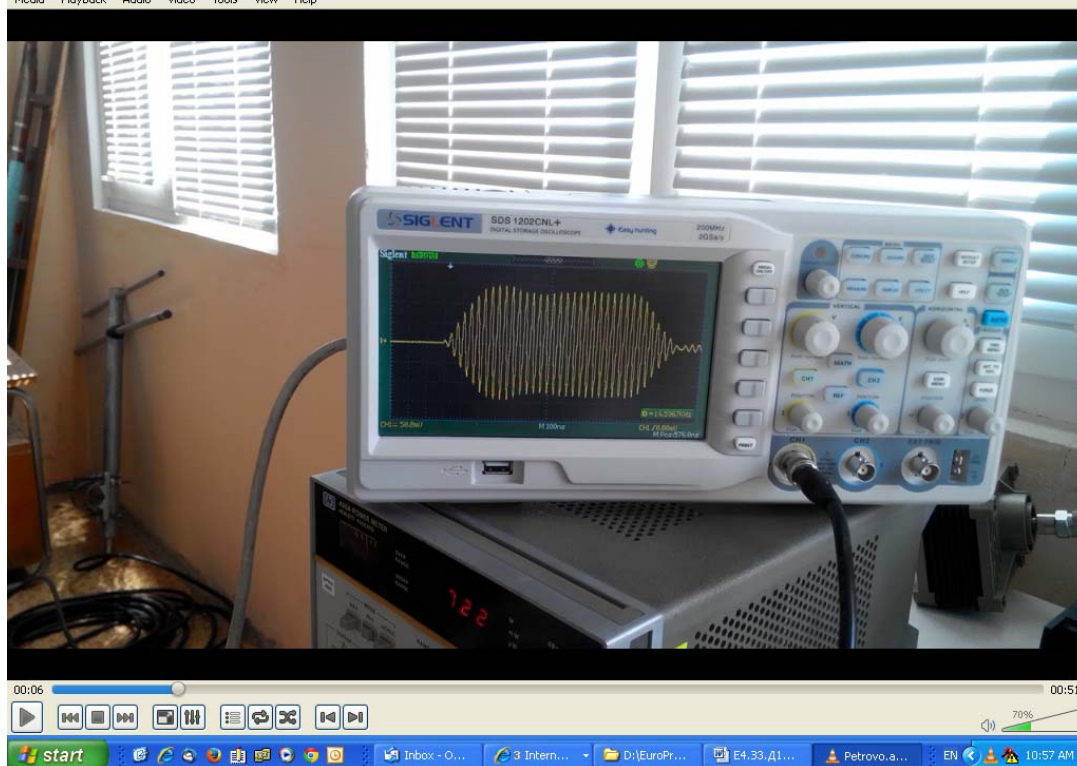
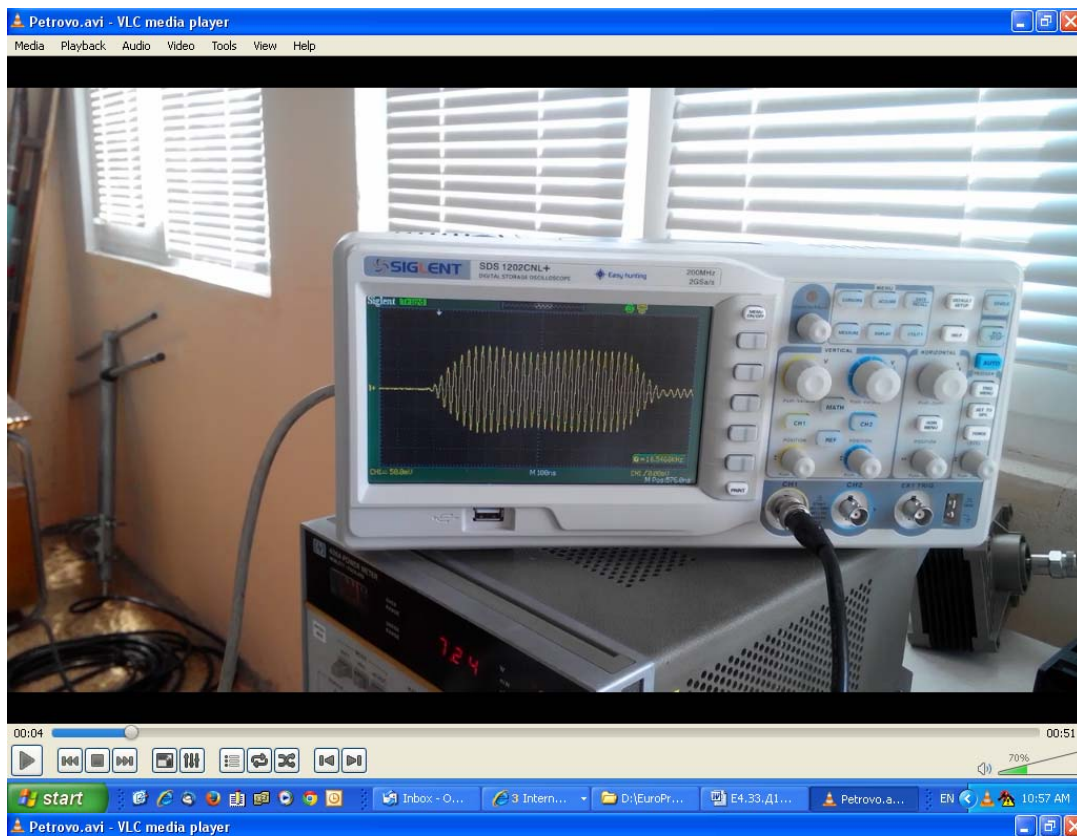
За нагледност на снимките по-долу са показани резултати от полеви измервания на такива сигнали в двата честотни диапазона 10см и 3см.

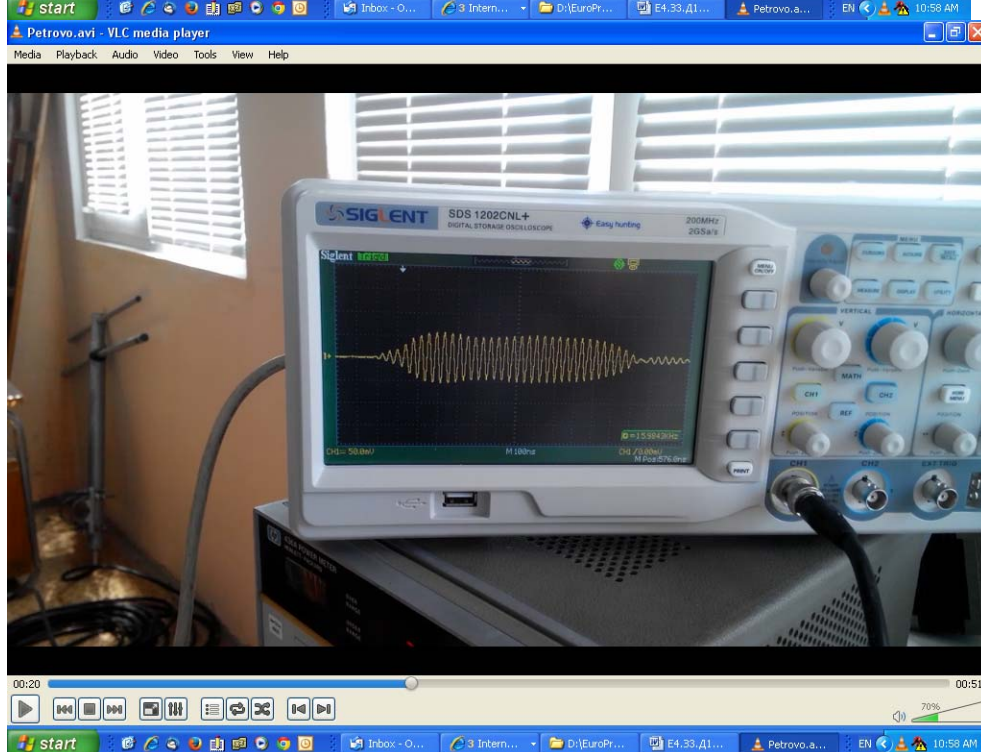
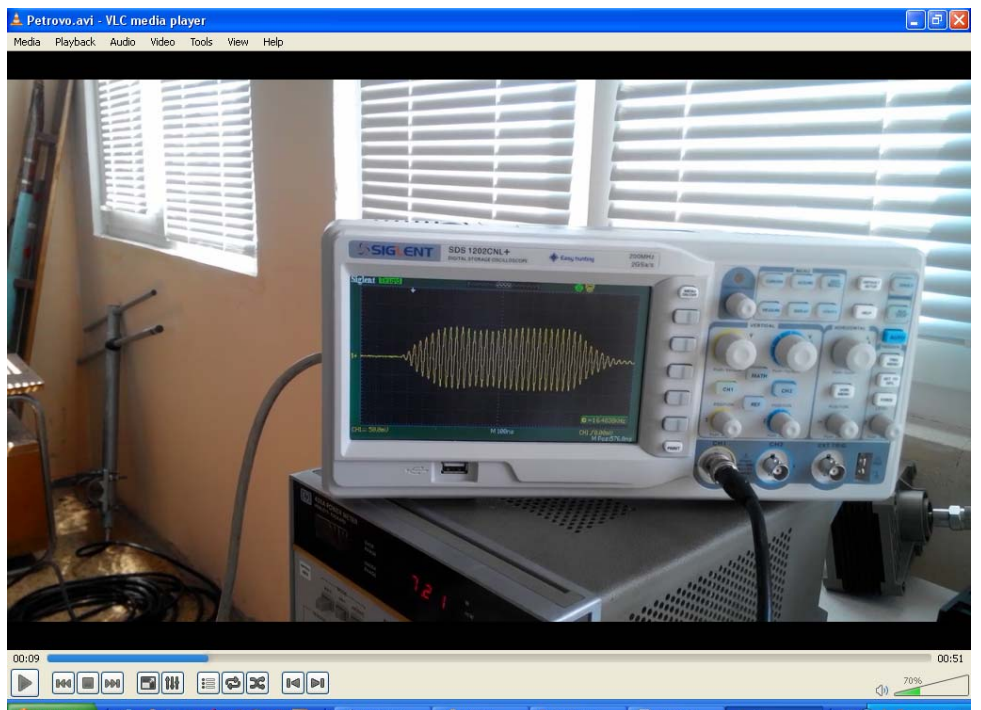
Приет сигнал в импулсен режим, излъчен от КП Старо село и приет в КП Петрово:

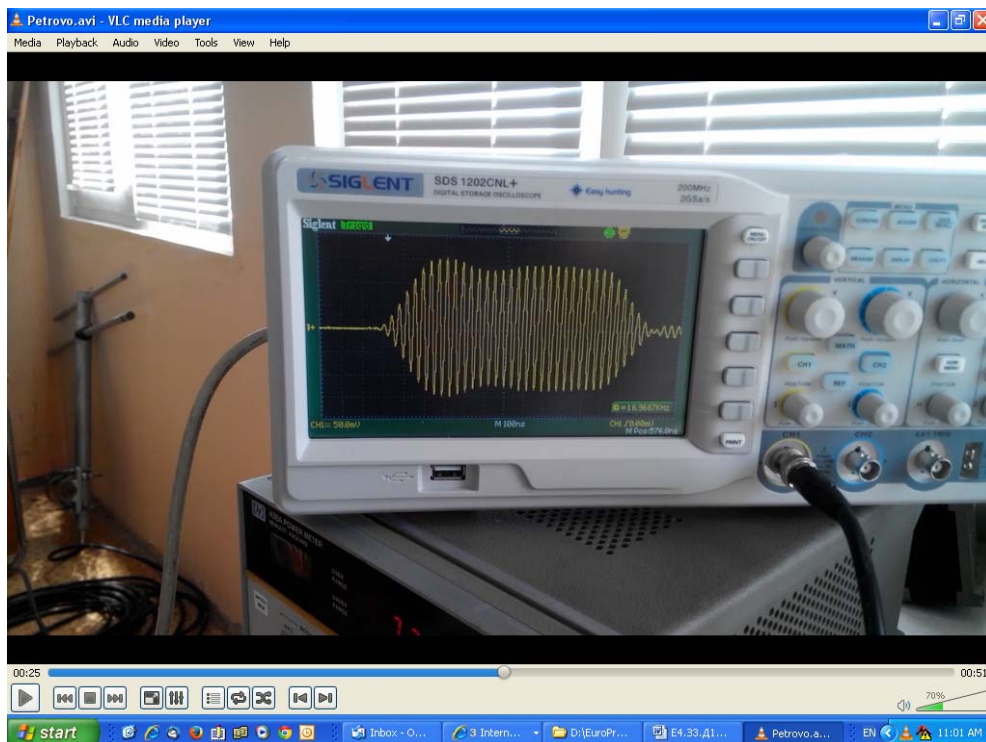


На следващите резултати са показани флуктуациите на сигнала в активната радарна цел под влияние на отражения и преотражения (вероятно от леки коли) на приетия сигнал:









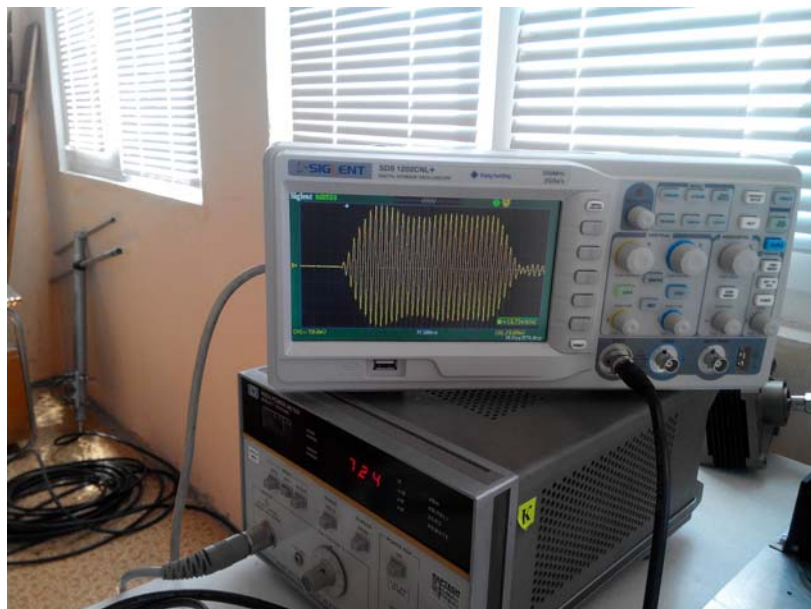
От снимките ясно личат бавните флуктуации на мощността на приетия в активната цел импулсен сигнал (снимките са на междинна честота), причинени от различни фазови съотношения на пряк и преотразени сигнали в приемника на активната радарна цел. Получените резултати показват, че следва да се вземат специални мерки за отстраняване на тези флуктуации – избор на подходяща позиция, подходящо време за измервания, компенсатор на multipath (например прилагане на т.н. rake receiver).

Като цяло, методът е особено перспективен за практическата работа на радарите, защото позволява калибриране открай докрай на РЛС.

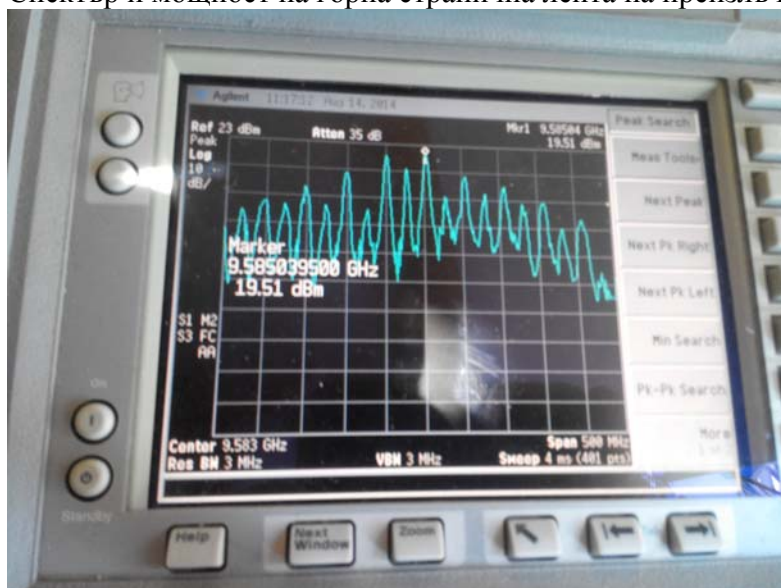
Спектър на приетия сигнал:



Форма на приетия сигнал, КП Петрово в 3см диапазон:



Спектър и мощност на горна странична лента на преизлъчения сигнал:



Спектър на преизлъчения сигнал в широк спан:



Форма на произлъчения сигнал:



E4.33. Д1.3 Оценка на полезността на метода за дистанционно ориентиране на радар с непрекъснато излъчване от активна цел в практическата работа на метеорологическите радари.

Д-р инж. Станислав Бабалов

Научен ръководител на проекта по изследователската дейност

Съвременно състояние на проблема по ориентирането.

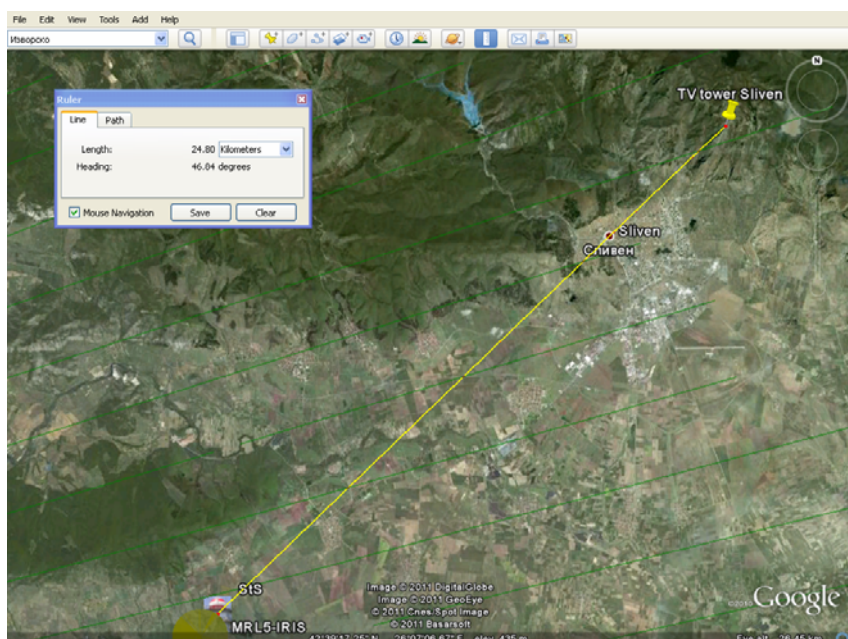
В старата система, още при монтажа на радара, преди поставянето на защитния купол, с помощта на оптични уреди е извършвано ориентиране на антенната система на РЛС. Аналогично са ориентирани и огневите площадки. Впоследствие са правени и привързвания с помощта на GPS приемници. През годините на използване на радарите, вследствие на наложили се механични ремонти, смяна на датчици ъгъл-код и други причини в някои от радарите са се появили отклонения, които не могат да бъдат коригирани с оптични средства поради наличието на купола. Драстичен беше случая в Старо село, където при монтирането на новия датчик ъгъл-код, сверен по неправилно поставена механична отметка в купола, беше установена грешка от десетки градуси. Разбира се тя беше коригирана с помощта на вградената в IRIS помощна програма за ориентиране по слънцето. На РЛС в Голям Чердак по метода на слънчевото ориентиране беше установена грешка, която не коригирахме, защото щеше да доведе до разсъгласуване с ориентировката на огневите площадки. През месец май на тази година по сигнал на инж. Войнов установихме т.н. „двоене” на една и съща метеорологична цел при обединения продукт – вероятно резултат от разлика в ориентирането на РЛС Голям Чердак и РЛС Старо село. Засега не е изяснено къде е основния източник на грешка в ориентирането, защото изисква по-прецизни и продължителни измервания по слънцето и по местни предмети и на двете РЛС. Подобни проблеми има и в РЛС Бърдарски геран, а още повече в немодернизираните радары.

Проблеми на ориентирането на РЛС Старо село

В рамките на експериментите бяха направени и измервания по ориентирането на РЛС.

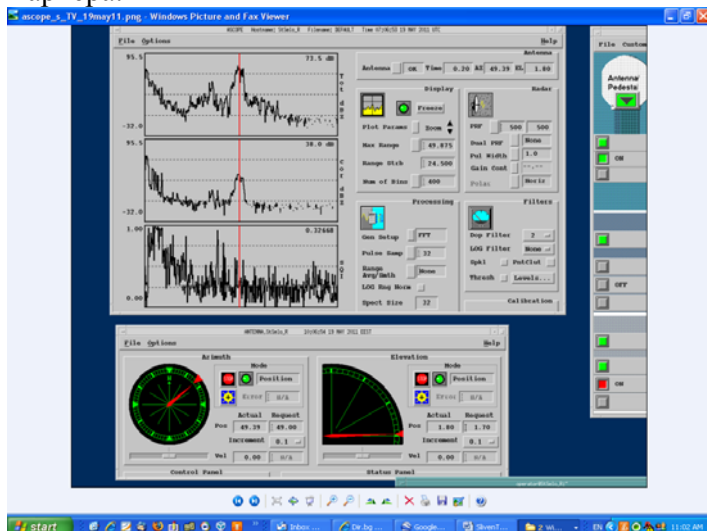
За нагледност по-долу са показани резултатите от проверка на ориентирането на РЛС в Старо село, проведени веднага след сигнализирането за т.н. „двоене” на една и съща метеорологична цел от двете РЛС – Голям чердак и Старо село.

На първата снимка е показано проверка на ориентирането на радара в Старо село по Google earth, която смятаме за много точна цифрово ориентирана карта. Прекарваме рулерна права линия от радара на Старо село до най-значимия местник – телевизионната кула на Сливен и отчитаме разстоянието и азимута (heading). Резултатът е 24.8км и 46.84 градуса.



Втората проверка за ориентиране правим с помощта на помощното средство Ascote, като на приблизително същия азимут и разстояние търсим най-силния местник с отражаемост в случая 73.5dBz (той е използван отдавна за проверка на ориентирането). Отчетения резултат се различава несъществено по разстояние 24.5км, но по азимут 49.39 градуса имаме разлика от около 2.55 градуса. Ако използваме само този метод за проверка на ориентирането можем да заключим, че РЛС е ориентирана с грешка от около 2.55°.

Следва обаче да си даваме сметка, че грешката може да идва от неправилното позициониране в Ascote- ние смятаме че целта с най-голяма отражаемост 73.5dBz е ТВ кулата, а това може да не е така. В близост може да има метална конструкция, кран, камиони или нещо друго по-отразяващо от кулата и неправилно да сме се позиционирали с маркера.

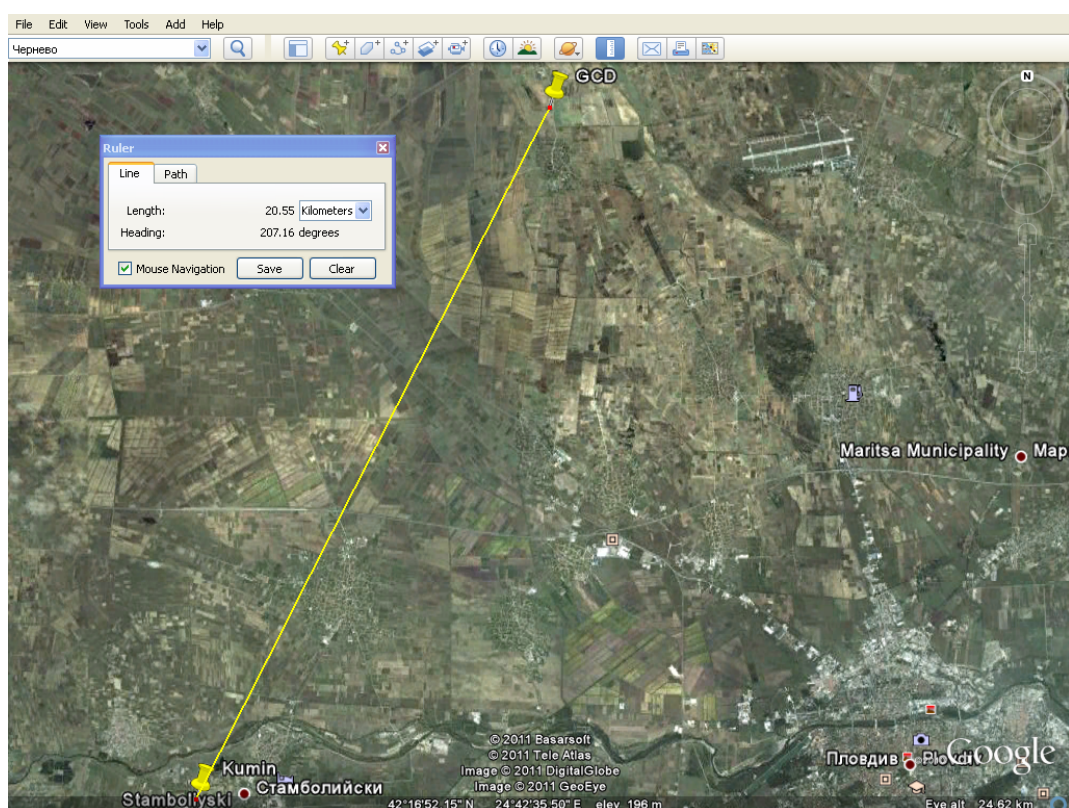


Проблеми на ориентирането на РЛС Голям чердак

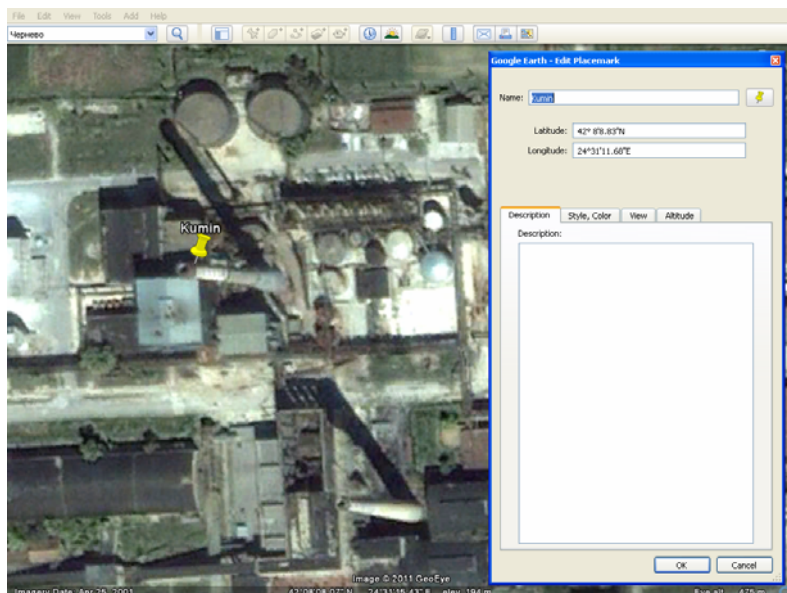
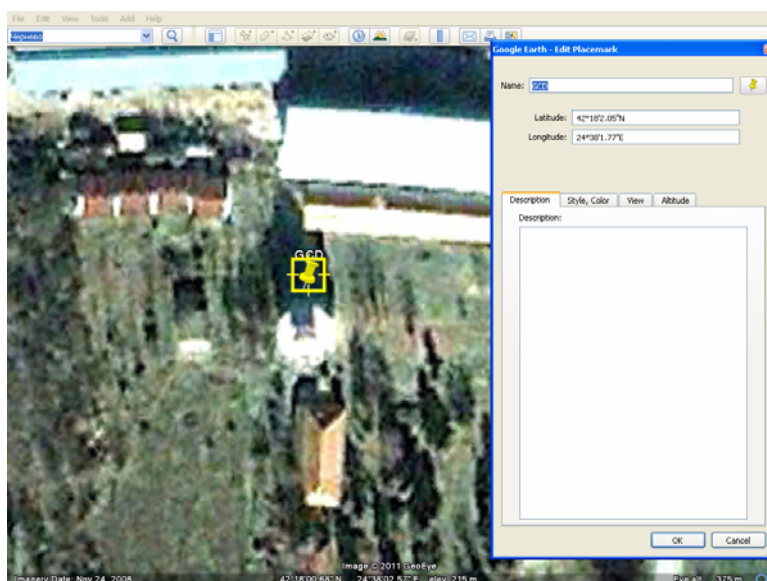
В рамките на експериментите бяха направени, освен планираните дейности, и измервания по ориентирането на РЛС.

За нагледност по-долу са показани резултатите от проверка на ориентирането на РЛС в Голям чердак проведени във връзка със сигнализирането за т.н. „двоене” на една и съща метеорологична цел от двете РЛС – Голям чердак и Старо село.

На първата снимка е показано проверка на ориентирането на радара в Голям чердак по Google earth, която смятаме за много точна цифрово ориентирана карта. Прекарваме рулерна права линия от радара на Голям чердак до най-значимия местник – комин в индустриална зона, който дълги години е служил за радарен ориентир (heading). Резултатът е 20.55км и 207.16 градуса.



За нагледност на снимките по-долу са показани в по-голям мащаб радарната площадка и индустриалната зона и комина, който е взет за ориентир.

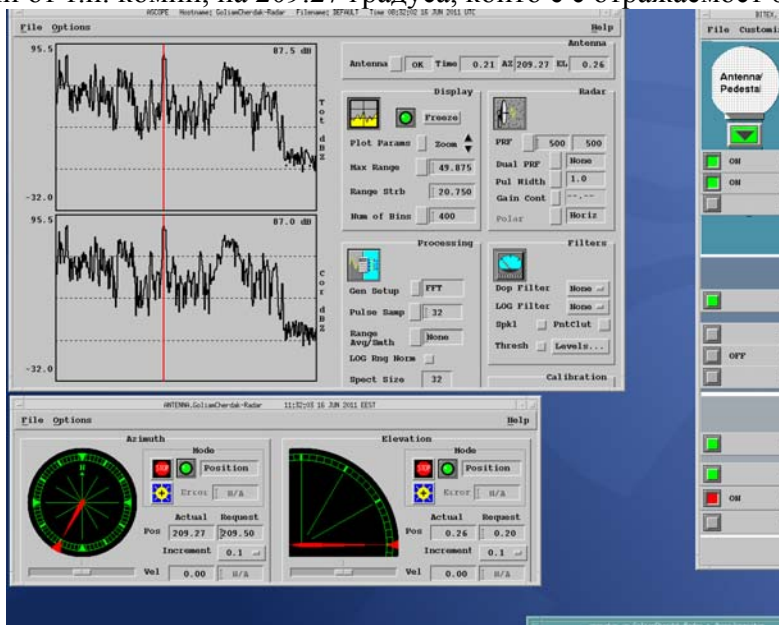


Втората проверка за ориентиране правим с помощта на помощното средство Ascore, като на приблизително същия азимут и разстояние търсим местник с отражаемост в случая 82dBz (той е използван отдавна за проверка на ориентирането). Отчетения резултат се различава несъществено по разстояние 20.750км, но по азимут имаме разлика от около 1.05 градуса. Ако използваме само този метод за проверка на ориентирането можем да заключим, че РЛС е ориентирана с грешка от около 1°.

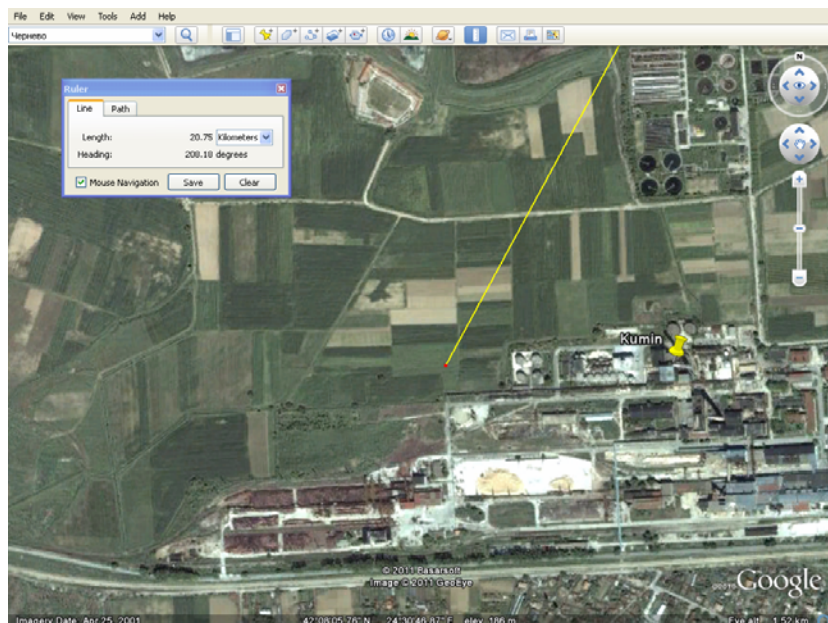


Следва обаче да си даваме сметка, че грешката може да идва от неправилното позициониране в Ascore- ние смятаме че целта с най-голяма отражаемост 82dBz е комина, а това може да не е така. В близост може да има метална конструкция, кран, камиони или нещо друго по-отразяващо от кулата и неправилно да сме се позиционирали с маркера.

Например на снимката по-долу е показано отражение от местник на 1 градус встрани от т.н. комин, на 209.27 градуса, който е с отражаемост 87.5dBz:



В същото време, ако въведем в Google Earth координатите на т.н. комин – разстояние 20.750км и азимут 208.21 градуса, попадаме в равно поле, където нямаме никакъв комин или друг отражател:

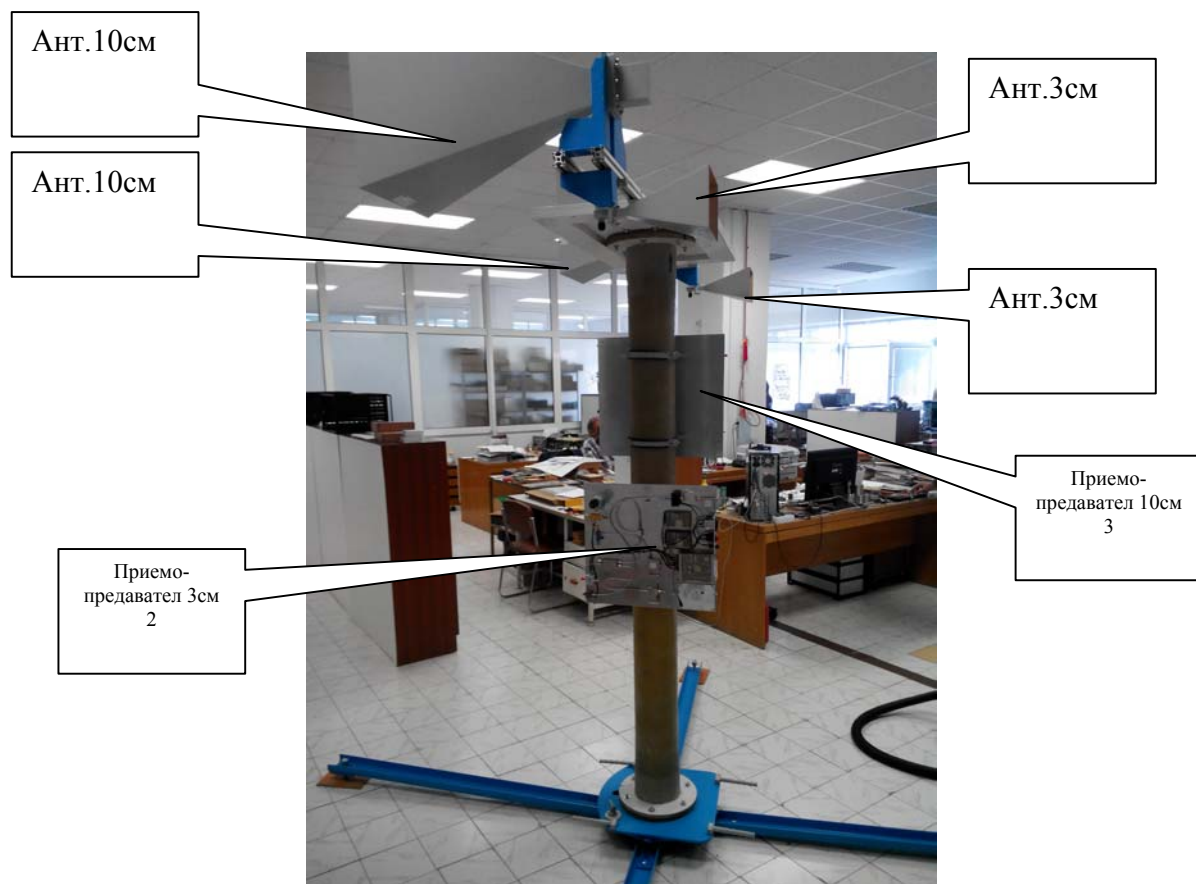
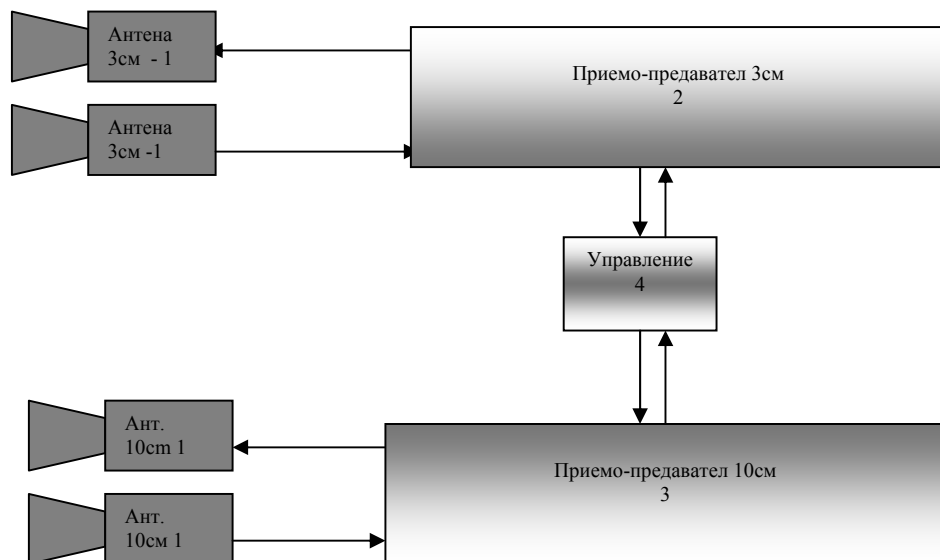


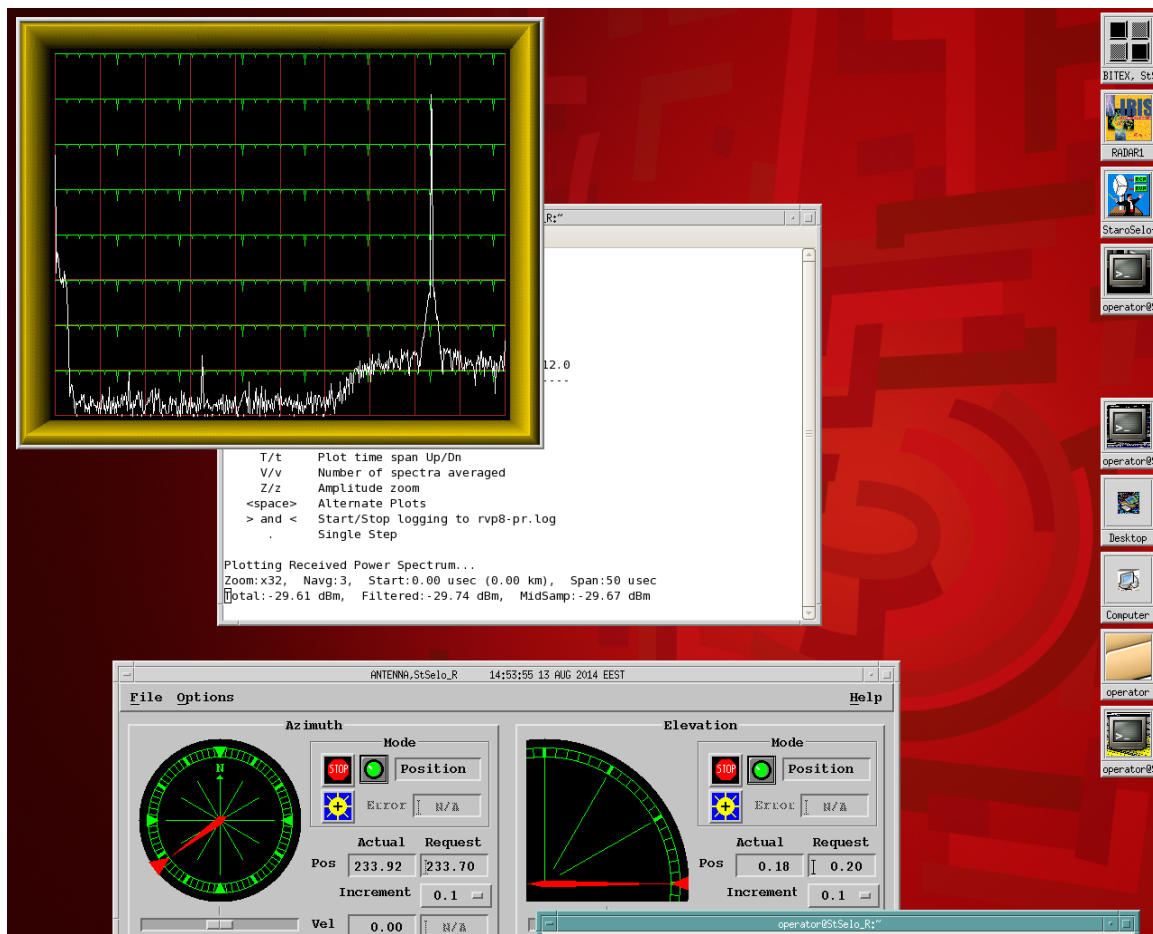
Полученият резултат показва, че като средство за основно ориентиране на РЛС, методът-ориентиране по местник с помощта на програмата ASCOPE може да ни подведе. ASCOPE е удобно средство за ежедневно сверяване на ориентирането и калибровката, но за основно и дългосрочно ориентиране следва да се използва по-надежден метод.

Не можем да разчитаме и на основно ориентиране по Google earth, защото не на всички радарни постове разполагаме с разпознаваем от сателитни снимки единичен обект, около който да няма силни отражатели.

Алтернатива на тези методи остава ориентирането по слънцето, което беше използвано и досега, както и един нов метод с активна радиолокационна цел-транспондер, който ще бъде дискутиран по-долу.

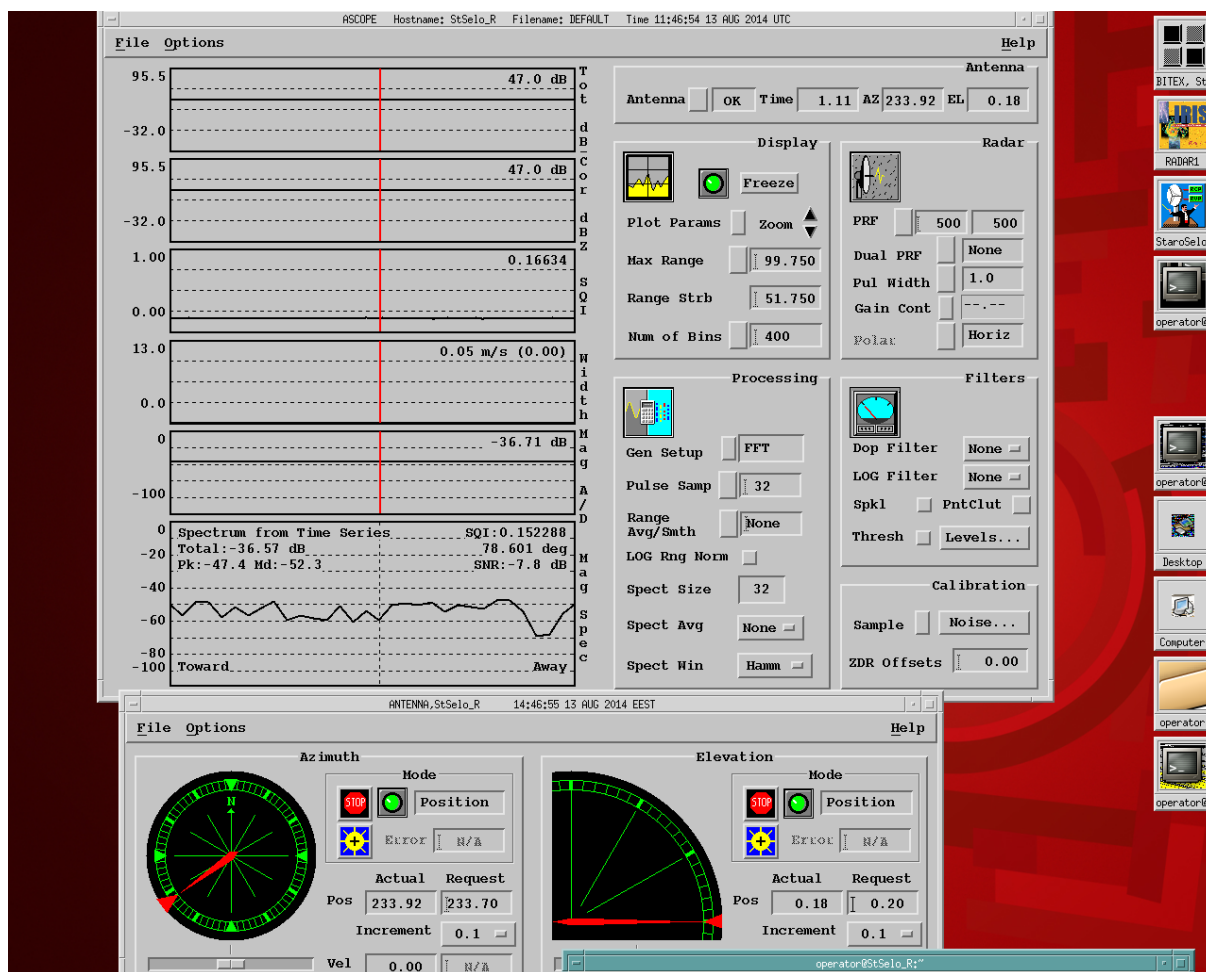
Нови методи за ориентиране и калибриране на радарите от край до край
Транспондер за калибриране и ориентиране на метеорологични радари - ТКМР



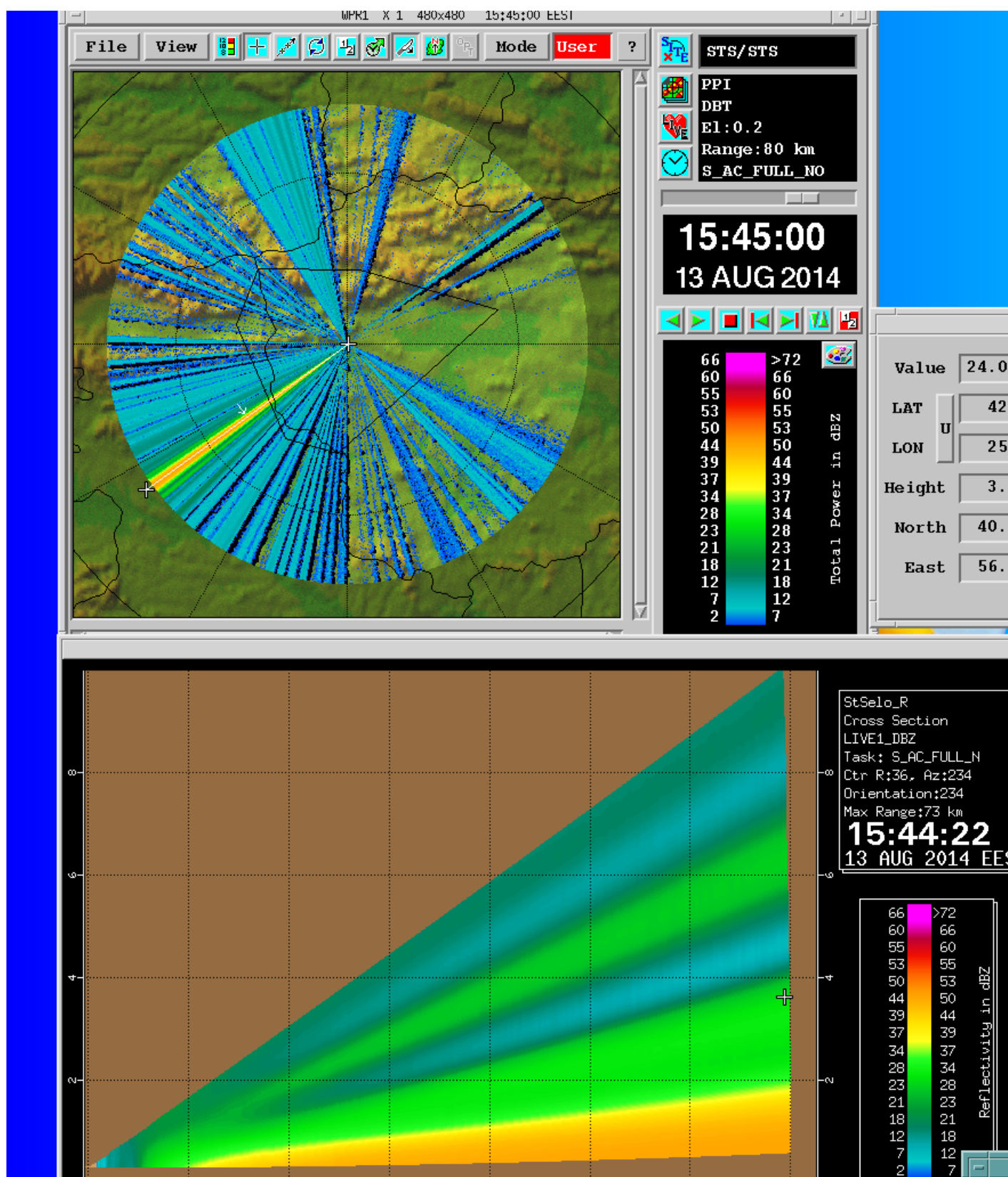


Мощности на приетия сигнал на АЦ след настройка по максимум-измерване по МЧ

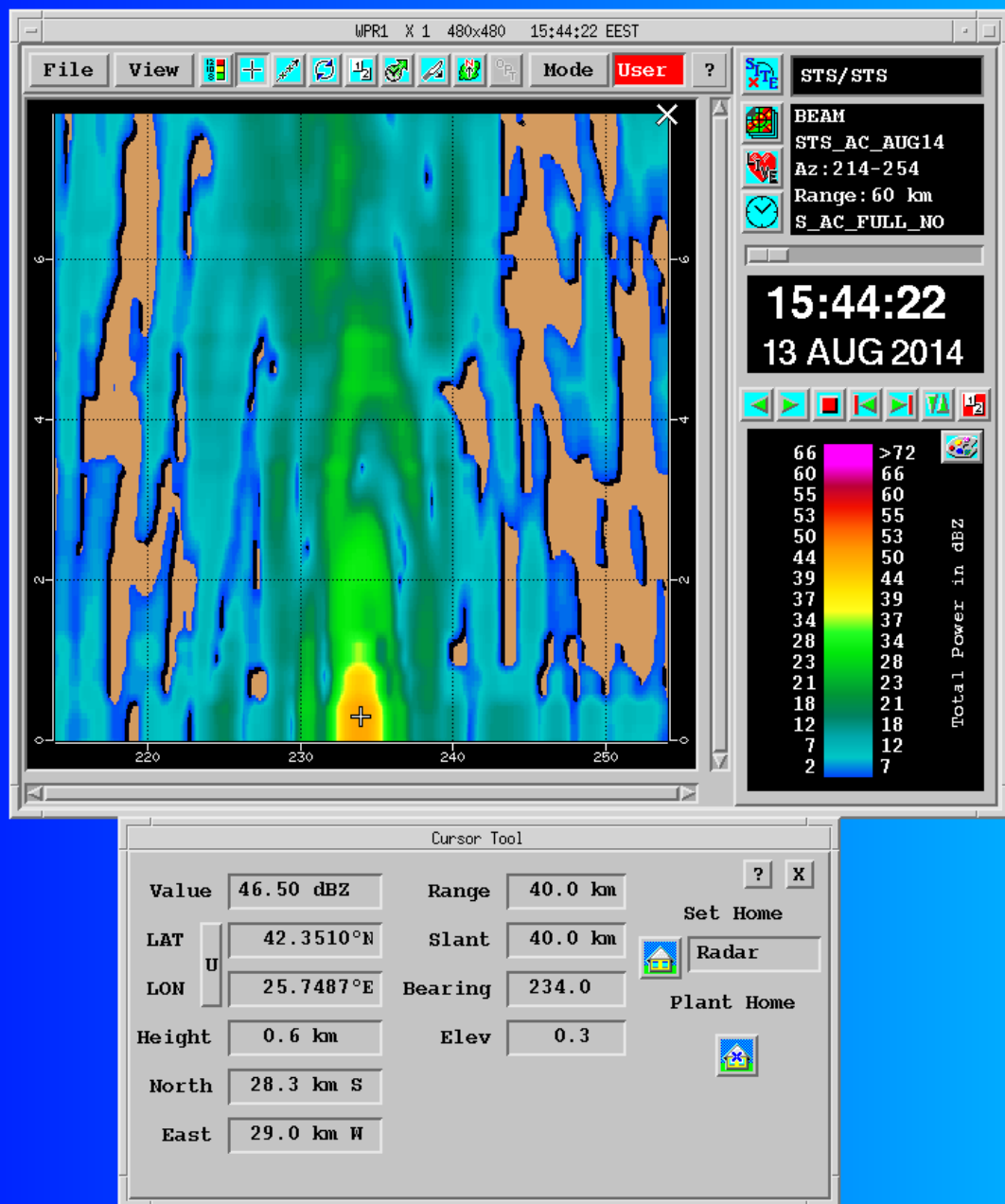
**Режим на АЦ – НГ -РАС= 36dBm
 „S-asc-AC-max-13aug14”-13aug14-11.46h**



Хоризонтален и вертикален профил на излъчването на АЦ в режим НГ – от продукт РР1



Вертикален профил с продукт BEAM



Методът се очертава, като изключително перспективен и точен, за ориентиране на радар с помощта на активна радарна цел от позната с GPS координати позиция. За разлика

от старите методи за ориентиране по отражения от местен предмет, които могат да бъдат погрешни, ако местникът не е добре идентифициран, то с активната радарна цел се постига пълна идентификация на обекта, спрямо който се прафи засичане по азимут и ъгъл на място.

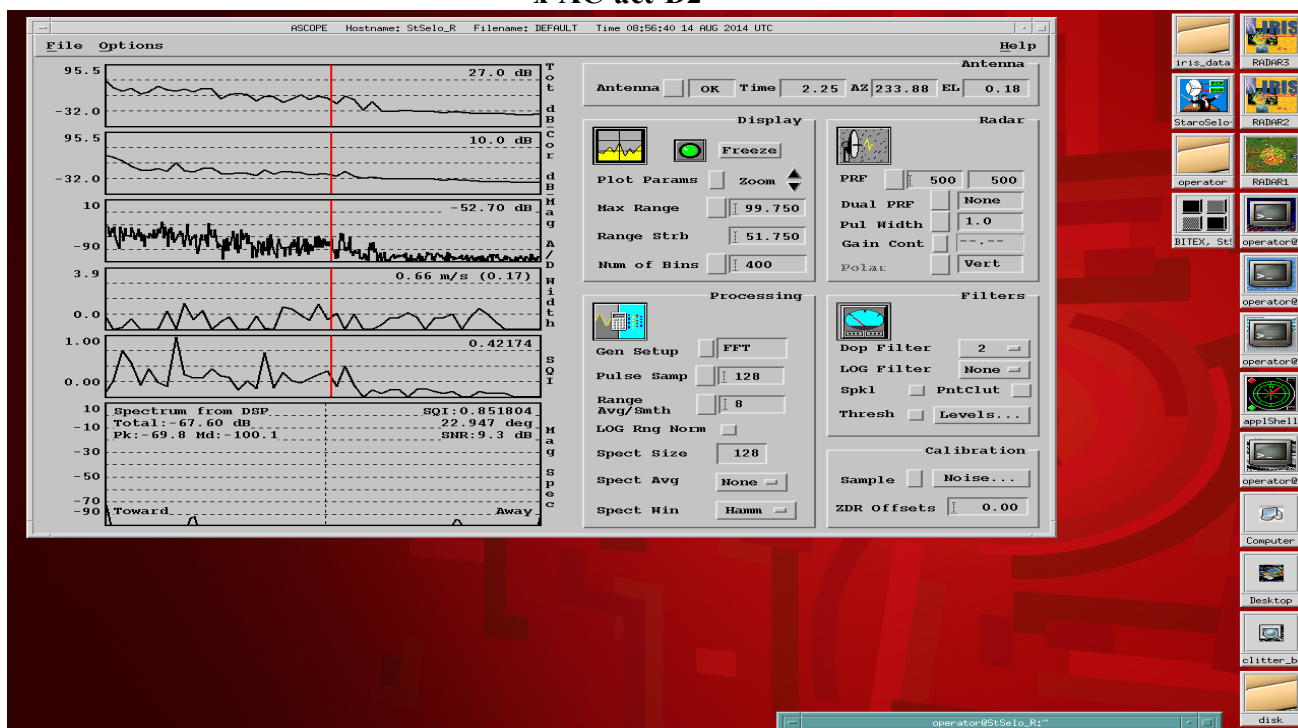
Е4.33. Д1.4 Оценка на полезността на метода за дистанционно ориентиране на радар с преизлъчване на радарен сигнал от активна цел в практическата работа на метеорологическите радари.

Инж. Димитър Стоянов

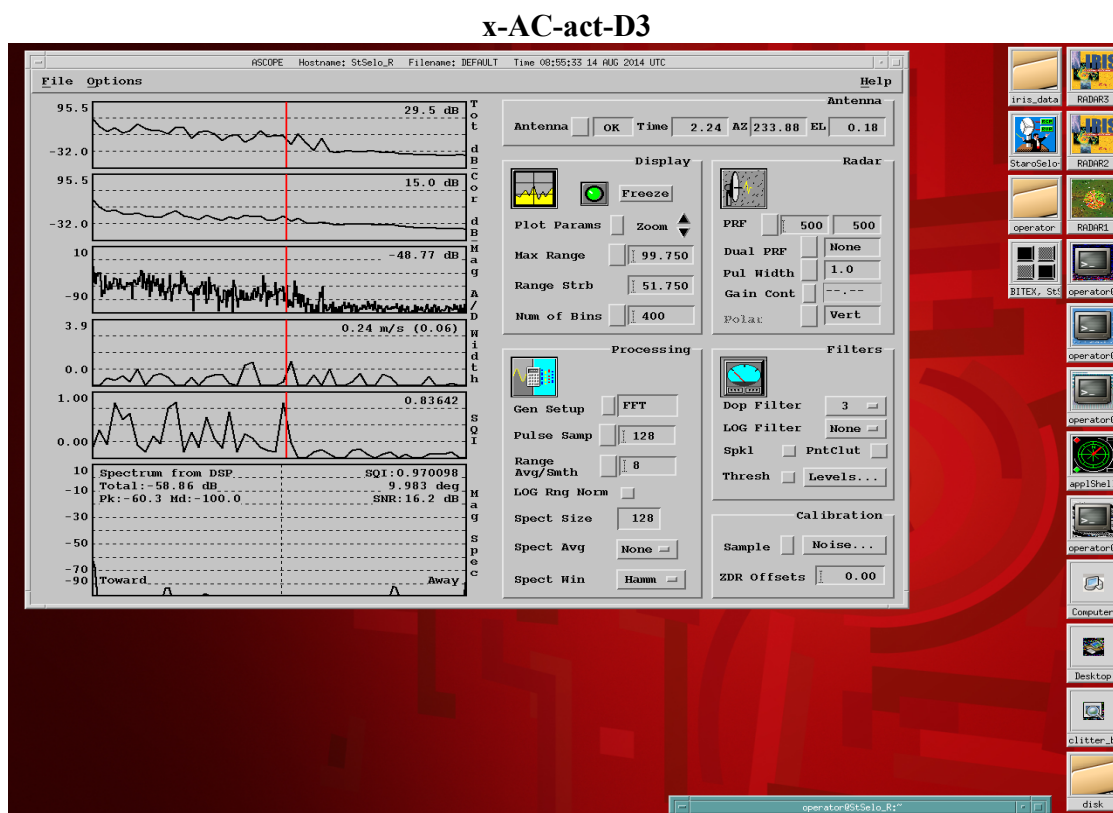
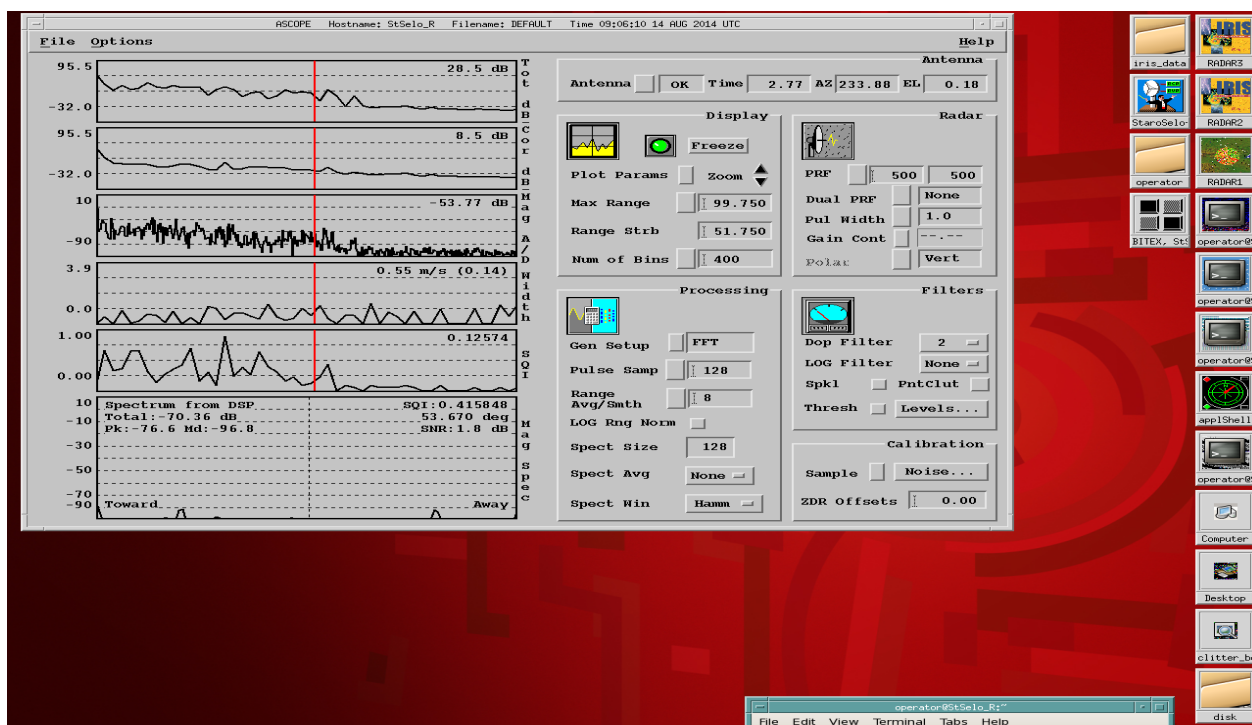
Научен ръководител по развойната дейност

Активен режим –АЦ преизлъчва радарния сигнал с Доплерово изместване 250Hz 14aug14 – 10.52h

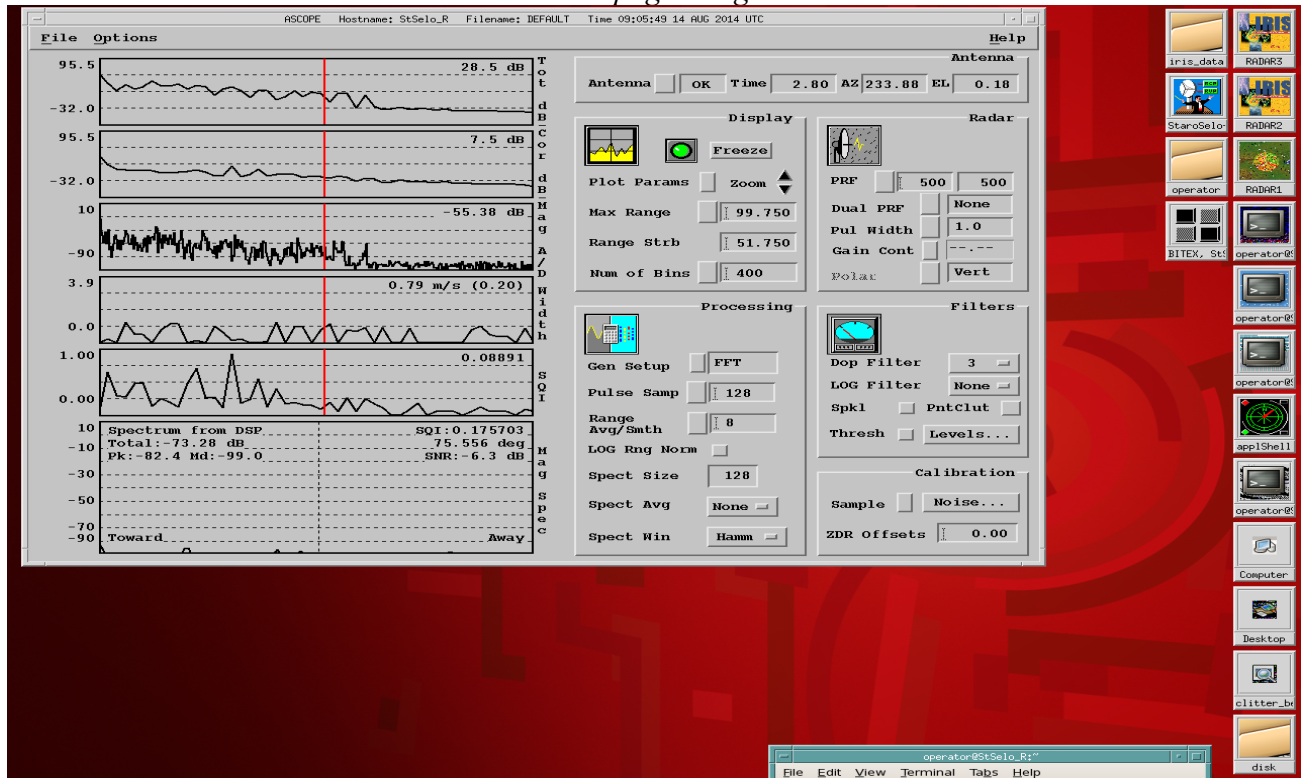
Влияние на Доплеровия филтър x-AC-act-D2



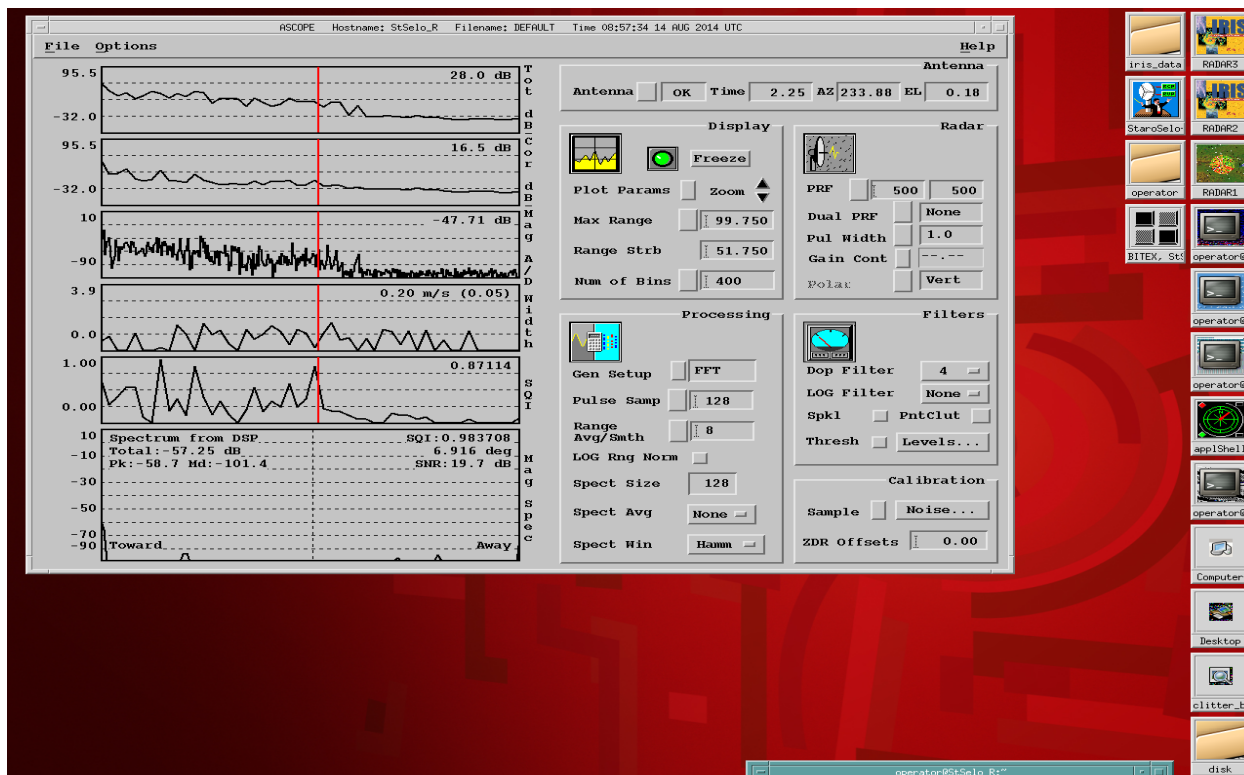
x-clutter-D2.png-14aug14



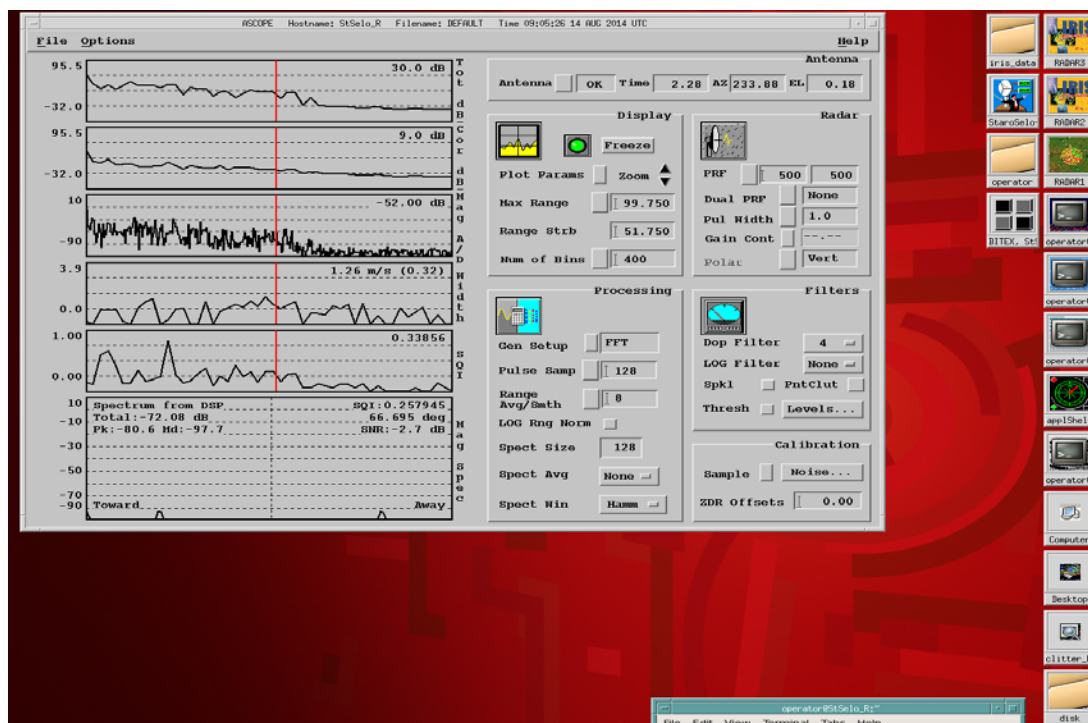
x-clutter-D3.png-14aug14



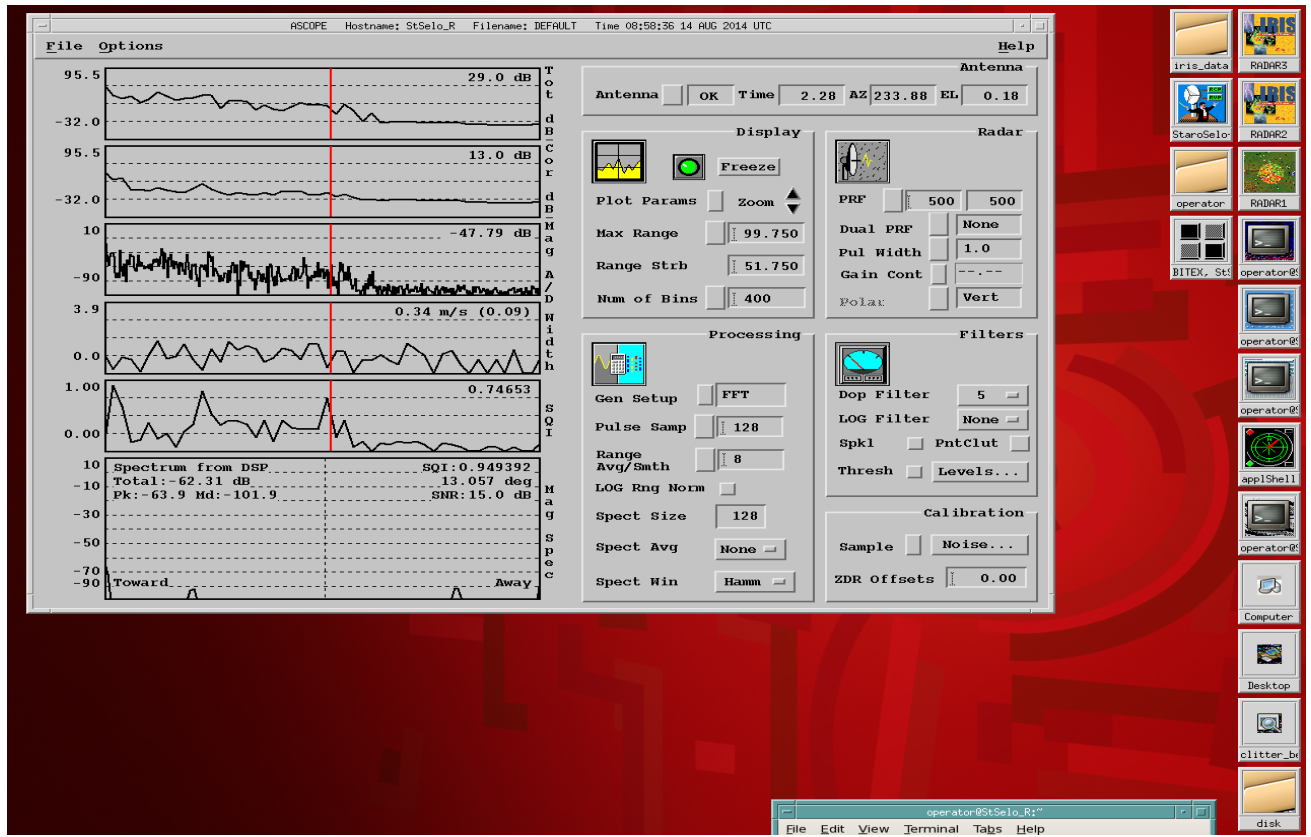
x-AC-act-D4



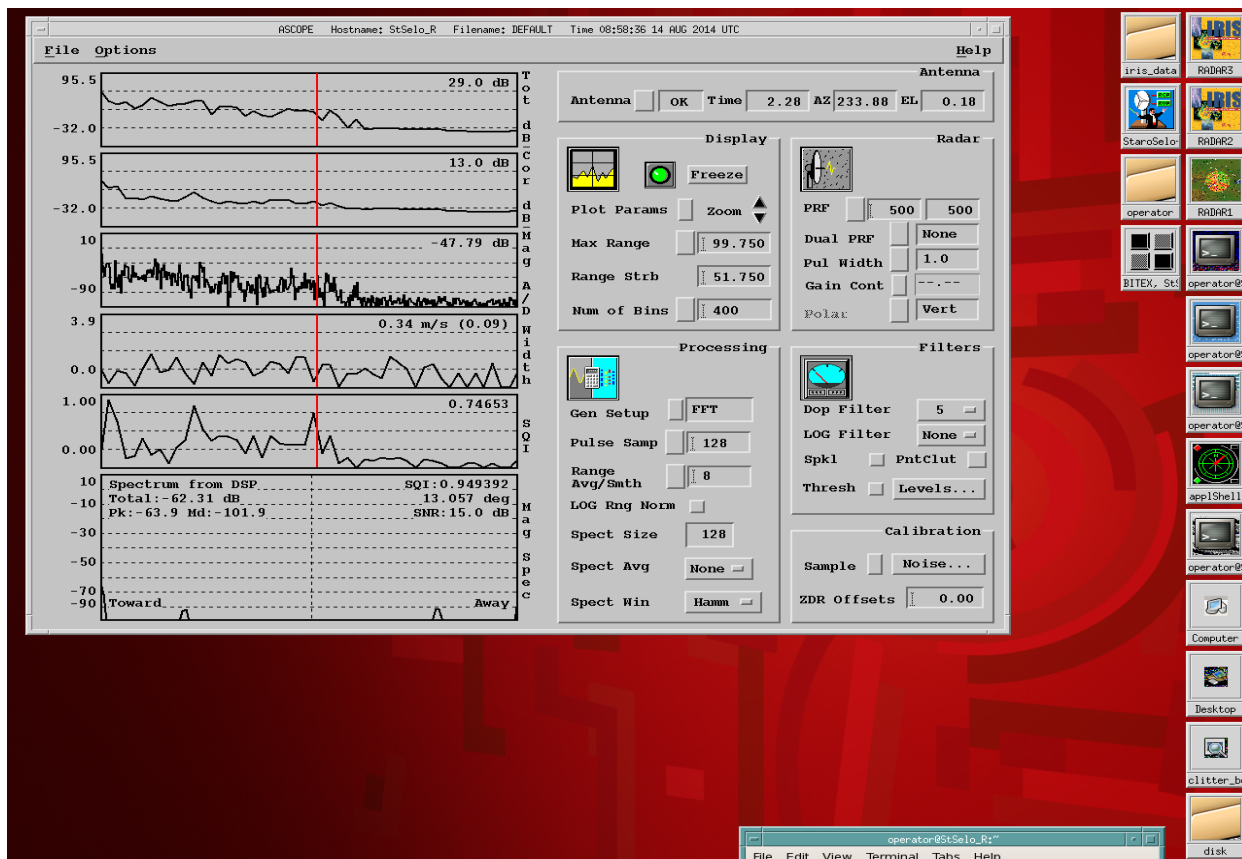
x-clutter-D4.png-14aug14



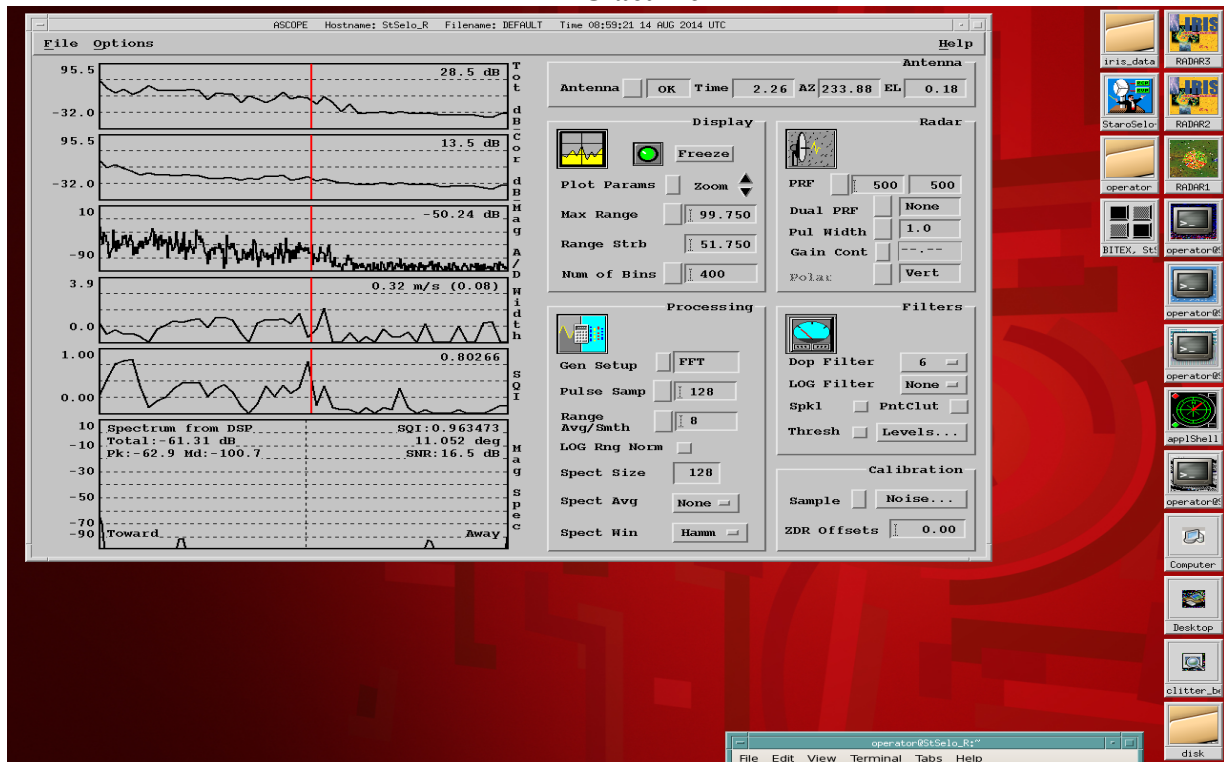
x-AC-act-D5



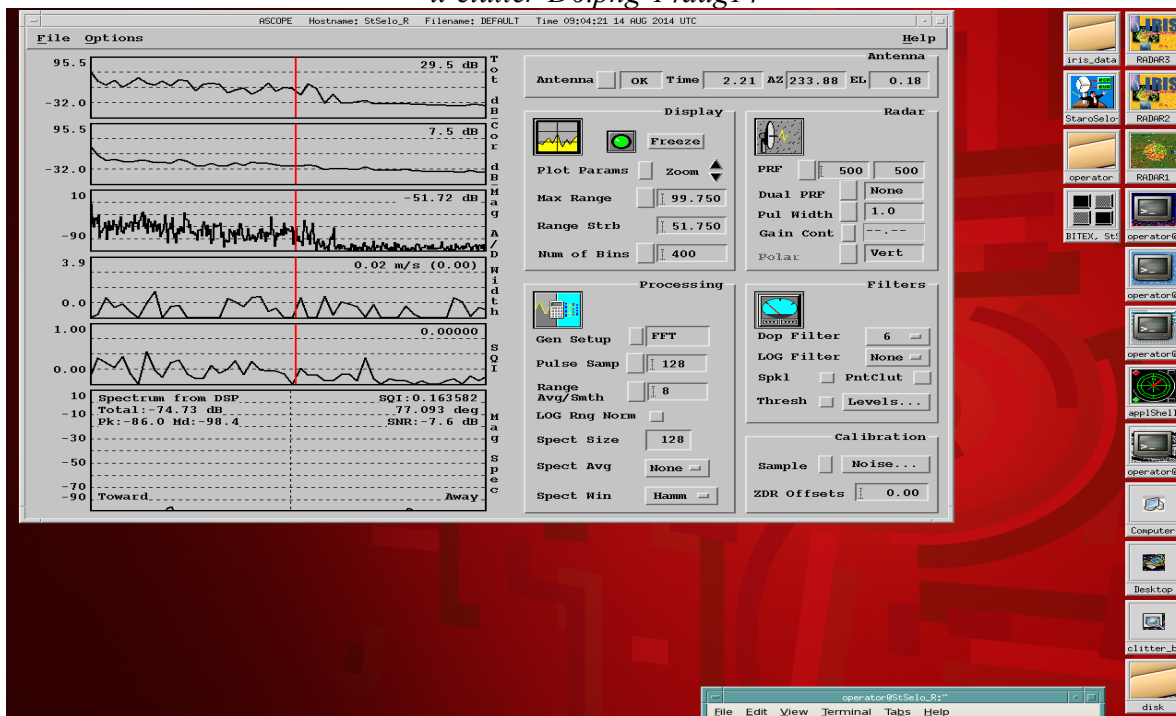
x-clutter-D5.png-14aug14



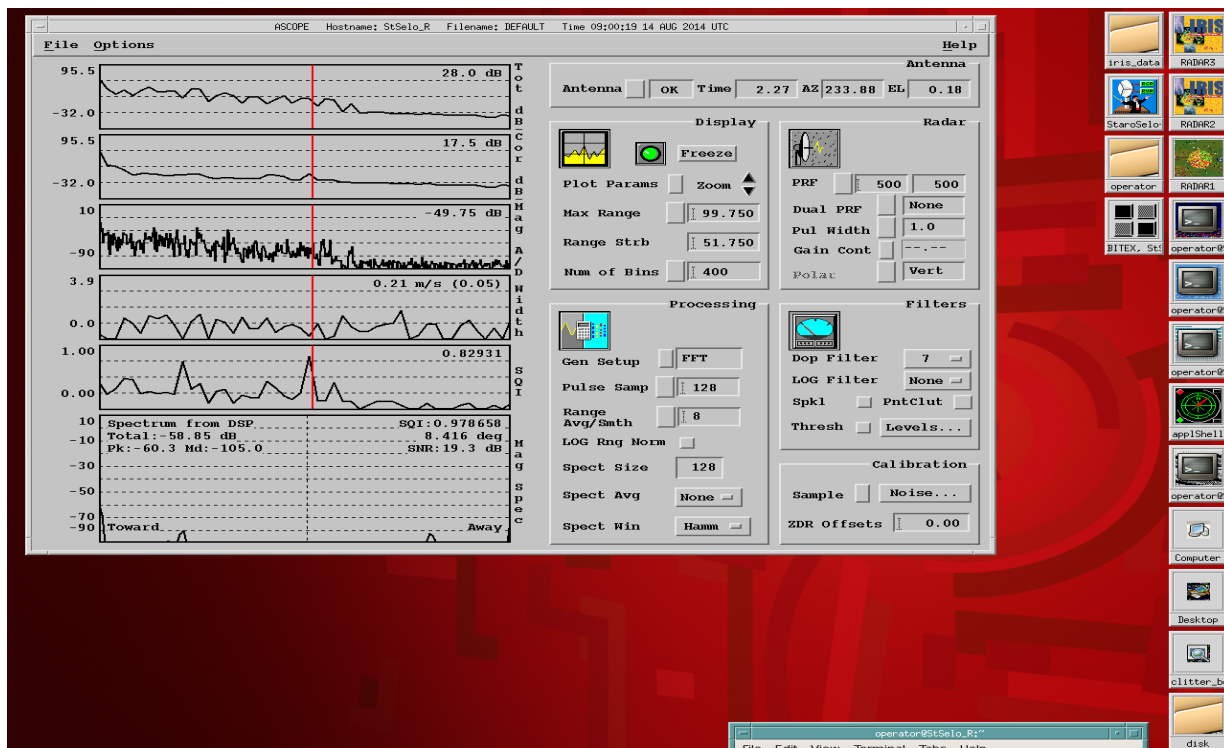
x-AC-act-D6



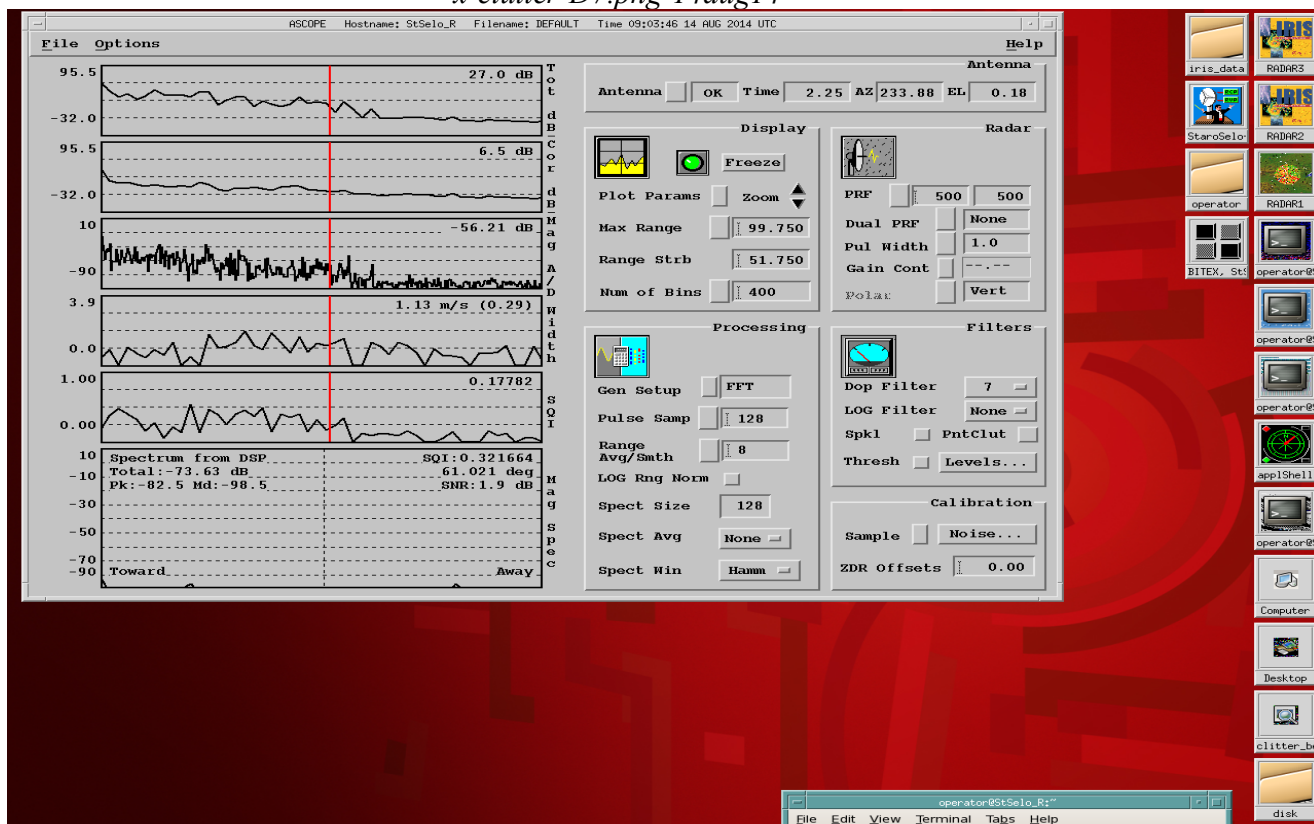
x-clutter-D6.png-14aug14



x-AC-act-D6



x-clutter-D7.png-14aug14



Както може да се оцени от приложените материали, методът с активно преизлъчване на приетия от метеорологичния радар сигнал не е особено полезен за ориентиране на метеорологични радари, поради импулсния характер на приетия и преизлъчен сигнал и съответно трудната му различимост на фона на местни смущения.

E4.33. Д1.5 Оценка на полезността на метода за дистанционно калибриране на радар с помощта на сигнали от слънцето в практическата работа на метеорологичните радари.

Инж. Уляна Кръстева

Suncal

Слънчевите сканирания могат да предоставят на потребителя информация за отклонението при насочването на антената, измервания на ширината на лъчите на антената и калибрация на приемната верига. Колебанията на слънчевото лъчение нямат силно влияние върху насочването на антената и измерванията на ширината на лъчите. Промени в плътността на слънчевото лъчение могат да бъдат повлияни от приемника. Въпреки това независими измервания на плътността на соларното лъчение могат да бъдат използвани, за да се проверят промените в въответния връх на мощност, както и изчисления на усилването на антената на радарната система. Тази секция обяснява процедурата, използвана от **suncal** за измерване на тези величини.

Последователност на сканирането на антената

Помощното средство **suncal** използва антенната библиотека, за да определи положението на слънцето в небето. Текущото UTC време се взема от времето на локалната компютърна система, за да изчисли местоположението на слънцето. Трябва да сте се уверили, че сте проверили дали времето е точно в рамките на няколко секунди. Създава се “SUNCAL” кръгово секторно сканиране, което стартира центрирано на първоначалната позиция на слънцето минус половината от **span** на ъгъла на място, даден във файла **suncal.conf**. Това сканиране започва под положението на слънцето и ще сканира назад и напред по резолюцията, заявена във файла. Потребителят може да управлява PRF, размера на отчета данни, разстоянието между клетките и броя на клетките. Тази задача не е синхронизирана по ъгъл. Скоростта на сканирането по азимут е половината **that implied** от желаните PRF и размер на отчета данни. Данните най – близко до желания азимут ще бъдат съхранявани. Използва се първата, определена от сигналния процесор, продължителност на импулса. Качеството на слънчевата калибрация не трябва да бъде засегната от различна продължителност на импулсите, тъй като слънцето е **broad band**, също както шума. Записаните данни са SNR (което при IRIS е dBT с изключена нормализация на разстоянието).

За да премахне ефекта от движението на слънцето по време на сканирането, е необходимо да се направят някои корекции, така че изходът да е подобен като при неподвижен източник на излъчване. За да направи това позицията на слънцето ще бъде преизчислявана в началото на всяка развивка. Промяната в положението на слънцето ще бъде извадена от всички ъгли за тази развивка. Тази корекция се извежда до терминалния прозорец по време на всяка развивка, когато се стартира интерактивно. Например, ако слънцето се придвижи към хоризонта с 0.10 градуса по време на задачата “SUNCAL” и

има пет развивки, нарастването на ъгъла на място на всяка развивка ще бъде намалено приблизително с 0.02 градуса. Подобни корекции на ъглите се правят и в посока на азимута.

Генериране на BEAM продукт

BEAM продукт на IRIS се произвежда автоматично при приключването на секторното сканиране. BEAM продуктът ще осредни разстоянието на повечето клетки. Можете по избор за пропуснете близките клетки, за да избегнете смущения. Границите на азимута и ъгъла на място на BEAM продукта се избират, така че да са малко по – големи от секторното сканиране. BEAM продуктът се слага в определената директория. Ако в момента IRIS системата работи, би било да го поставите в директорията /usr/iris_data/input и след това да конфигурирате празен входен клон на програмата, който да ги чете. Това означава, че можете да ги показвате на дисплея на IRIS. Ако нямате IRIS, можете да използвате помощното средство **productx**, за да видите BEAM продукта в цифров вид.

Изчисляване на резултатите от BEAM

Измереното местоположение на слънцето в BEAM продукта се изчислява като първо се определи праг на данните над определено ниво сигнал към шум, което се конфигурира във файла suncal.conf. Изчислява се позиция с **power weighted average** от преминалите пиксели. След това тази позиция сравнява с изчисленото положение на слънцето в началото на сканирането и отклоненията при насочването на антената се дават едновременно по ъгъл на място и азимут. Върхът на мощността на слънчевото измерване и ширината на лъча на целта се определят като се **fitting Gaussian** крива към SNR данните и се намери върха и ширината. Обърнете внимание, че ширината на лъча на азимуталната цел ще бъде по – голяма от очакваното с 1/косинус от ъгъла на място, тъй като градусът на азимута отговаря на по – малко от градус на големия кръг, когато се приближавате към зенита. “Raw” стойността е каквото е измерено от BEAM продукта. Другата стойност е коригирана за този ефект. Върхът на мощността също е превърнат в dBm и запазен в резултатите.

Използване на резултатите от Suncal

Генерираният файл с резултатите от калибрирането съдържа много информация, извлечена от калибрирането. За начинаещи има **housekeeping** информация за радара като време, местоположение и име на поста. Освен това има и цифрите от калибрирането като нивото на шума и ширината на лъча на приемника. Най – накрая се съдържат цифрите, изчислени от слънцето. Това включва наблюдаваната позиция на слънцето, грешките в ъгъла на радарната колона, зоната на слънцето над прага, ширината на лъчите и върха на слънчевата мощност. По – долу е даден приемрн файл с резултатите. Вашият файл може да се различава малко заради допълнителните полета.

```
results.sVersion = "8.10"
results.sSitenam16 = "SIGMET, dry2"
results.sSitenam3 = "DRY"
results.VolumeYmds.isec = 80657
results.VolumeYmds.imills = 2915
results.VolumeYmds.iyear = 2006
results.VolumeYmds.imon = 3
results.VolumeYmds.iday = 24
results.BeamYmds.isec = 80709
results.BeamYmds.imills = 2374
```

```

results.BeamYmds.iyear = 2006
results.BeamYmds.imon = 3
results.BeamYmds.iday = 24
results.FileYmds.isec = 80709
results.FileYmds.imills = 2382
results.FileYmds.iyear = 2006
results.FileYmds.imon = 3
results.FileYmds.iday = 24
results.fRadarLon = -70.99999996
results.fRadarLat = 41.10000003
# Expected location of the sun.
results.fSunAzPos = 266.975497
results.fSunElPos = 5.957126711
# Measured location in BEAM product.
results.fTargetAzPos = 266.9748183
results.fTargetElPos = 5.714196538
results.fAzError = -0.0006787271701
results.fElError = -0.2429301729
results.fTargetArea = 1.184400034
results.fTargetPowerSnr = -2.853870588
results.fTargetPowerTotal = -80.18631575
results.fTargetPowerSun = -84.85387059
results.fTargetWidthAzRaw = 1.16969352
results.fTargetWidthAz = 1.16337711
results.fTargetWidthEl = 1.209176385
results.fFitError = 0.2668134805
# Calibration numbers.
results.fI0Horiz = -81.15
results.fCalNoiseHoriz = -79.98
results.fRadarConstantHoriz = -33.26
results.fActNoiseHoriz = -82
results.fReceiverBandwidth = 1

```

Грешките при отклоненията на антената могат да бъдат използвани, за да се фиксират отклоненията на оста на RCP8, а ширината на лъча може да бъде използвана, за да се проверят заявените от производителя ширини.

Изчисление на ширината на антенния лъч

Ширината на целта, измерена от **suncal** е функция, както на ширината на лъча на антената, така и на ширината на слънцето. Ако и двата сигнала са **Gaussian**, би било много лесно да се коригира ширината на слънцето. За съжаление слънчевият диск е с постоянна мощност и фоновият шум е в границите на няколко dB. По – долу е дадена таблица с приблизителните преобразувания.

Таблица 1: ширини на лъчите на антената и слънцето

Ширина на лъча на антената (градуси)	Измерена ширина на лъча (градуси)	Разлика
0.200	0.522	0.322
0.300	0.534	0.234
0.400	0.574	0.174
0.500	0.636	0.136
0.600	0.711	0.111
0.700	0.794	0.094
0.800	0.881	0.081
0.900	0.972	0.072
1.000	1.064	0.064
1.100	1.158	0.058
1.200	1.253	0.053
1.300	1.349	0.049
1.400	1.445	0.045
1.500	1.542	0.042
1.600	1.640	0.040
1.700	1.738	0.038
1.800	1.835	0.035
1.900	1.938	0.033
2.000	2.035	0.031

Използване на резултатите от изчисленото усилване на антената

Върхът на слънчевата мощност може да бъде използван, за да се изчисли усилването на антената. То може да бъде наблюдавано over time, за да се определи стабилността на калибрирането на приемника. При слънчево калибриране усилването на антената може да бъде записано като:

$$G = \frac{4 + P_s}{F_s B_n \lambda^2}$$

където,

- G е усилването на антената (няма измерения) на оста на лъча.
- P_s е полученият връх на слънчевата мощност (dBm) (fTargetPowerSun)
- F_s е плътността на слънчевото лъчение ($\text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$)
- B_n ширината на лъча на шума (Hz) (fReceiverBandwidth)
- λ^2 предадената дължина на вълната (м)

Изчисленото усилване на антената трябва да бъде коригирано, за да се определи реалното усилване на системата. Измерванията на слънчевото лъчение включват всички поляризации, така че трябва да бъдат прибавени 3dB към усилването, тъй като се губи половината мощност при приемане с единична поляризация. Необходимо е да се направи допълнителна корекция относно запълване на лъча, тъй като радио диаметра (диаграмата)

на слънцето ($0.56\text{--}0.58^\circ$) е значително по – малък от повечето 3dB ширини на лъчите на антената. По – долу е дадена beam filling корекция на главните лъчи за Гаусова форма на лъча:

$$K(\text{dB}) = 20 \log \sqrt{1 / 0.18 \frac{U_s}{U_a}}^2$$

Например лъч от 1.0° ще има filling корекция от 0.49 dB. Опитът показва, че колебания около ± 0.5 в реалното усилване на антената се дължат на слънчевото лъчение и променливост на измерванията на приемника.

Наблюдения на плътността на слънчевото лъчение (F_s) са достъпни в интернет за няколко честоти, местоположения и пъти на ден. Препоръчаните сайтове са на Solar Environment Center (SEC), National Oceanic and Atmospheric Administration в Boulder, Colorado; the Dominion Radio Astrophysical Observatory в Penticton, British Columbia и IPS Radio and Space Services Observatory в Австралия. Ако желаете файлът с резултатите от **suncal** да е с структура C++, можете да използвате предоставената от нас функция LoadSuncalResults().

Конфигурационен файл на Suncal

Помощното средство **suncal** използва информация от файла **suncal.conf**, който се съхранява в директорията `{IRIS_CONFIG}`. Потребителите могат да настройват конфигурациите като редактират с текстови редактор като emacs или vi. Във файла потребителите могат да въведат детайли за сканирането, директории за изход на данни, дали да създадат логаритмичен файл и прагове, при които IRIS да сигнализира със съобщения. В помощното средство е вградена слънчева симулация, която да подпомогне тестването. Уверете се, че сте я изключили преди да започнете работа.

При работа с опцията `–resave`, помощното средство **suncal** ще прочете стария файл **suncal.conf**, ще запълни всички нови полета с първоначалните фабрични стойности и след това ще напише новия файл, включително и коментарите. Можете да стартирате “suncal –resave”, когато няма файл, с който да създадете първоначален файл. Добре е да направите това и когато за първи път използвате **suncal** след обновяване. Потребителят след това може да променя параметрите във файла **suncal.conf** според нуждата. Когато задавате секторна задача, имайте предвид, че текущите задачи да ограничени до 40° ъгъла на място. Опциите за създаване на логове, докато помощното средство **suncal** работи, източника на ъглови данни, симулация и минимален слънчев ъгъл се намират най – отгоре на менюто. Помощното средство **suncal** също така проверява ъглите на място, за да се увери, че те не са извън ограниченията на позицията на антената. В помощното средство е hard coded максимален ъгъл на слънцето 85° градуса. Следващата секция дава пример с файл **suncal.conf**, където тези полета са конфигурирани.

```
sun_cal.sVersion = ""
sun_cal.lLogToFile = 1
```

```

sun_cal.lLogToTerm = 0
# 1=RVP Tags, 3=Antlib.
sun_cal.iAngleSource = 1
# Add a simulated sun, set to 0 for operation.
sun_cal.lSimulateSun = 0
# Will not run if the sun is below this angle in degrees.
sun_cal.fMinimumSunEl = 5

```

В секцията за suncal.conf по – долу са опциите за конфигуриране на PRF, определяне разстоянието между клетките (км), брой на входните клетки и отчети данни и pulse samples. Скоростта на сканиране по азимут е половината на това, което е от исканото PRF и размера на отчета данни.

```

# Configure the recording task here.
sun_cal.fPrf = 800
sun_cal.fRangeStart = 1
sun_cal.fRangeStep = 0.150000006
sun_cal.iBinCount = 1000
sun_cal.iSampleSize = 64

```

В следващата секция резолюцията и секторното сканиране се конфигурират за азимут и ъгъл на място в градуси. SweepStartErr и SweepStartVel са максималните грешки, които са позволени при позицията на антената и скоростта в градуси и респективно градуси/сек. MinimumVel и MinimumWait. са максималните очаквани скорост на движение и време на установяване между развивките за азимут и ъгъл на място. Вижте Секция 9.7.3 за повече информация.

```

# Spacing between rays in degrees.
sun_cal.Az.fSpacing = 0.200000003
# Span of the sector in degrees.
sun_cal.Az.fSpan = 8
sun_cal.Az.fSweepStartErr = 0.25
sun_cal.Az.fSweepStartVel = 0.5
sun_cal.Az.fMinimumVel = 10
sun_cal.Az.fMinimumWait = 0
# Spacing between rays in degrees.
sun_cal.El.fSpacing = 0.200000003
# Span of the sector in degrees.
sun_cal.El.fSpan = 8
sun_cal.El.fSweepStartErr = 0.25
sun_cal.El.fSweepStartVel = 0.5
sun_cal.El.fMinimumVel = 10
sun_cal.El.fMinimumWait = 0

```

Последната секция от файла suncal.conf конфигурира продукта BEAM. В тази секция се конфигурира директорията за запис на BEAM продукта. Ако той бъде сложен в директорията \${IRIS_PRODUCT}, ще бъде премахнат от процеса watchdog. По – добър избор е да сложите продукта BEAM на друго място, за да запазите възможността за бъдеща справка. За да видите BEAM продукта на прозореца Quick Look, е добре да сложите продукта в директорията /usr/iris_data/input и да конфигурирате празен клон на програмата, който да ги прочете. Полето BeamRangeStart определя първоначалното

разстояние на продукта. Предложено е то да е поне 10 км от радара, за да се е сигурно, че няма да има земни смущения.

```
# Configure the BEAM product here.
# Write the beam product to this directory.
sun_cal.sBeamDirectory = "./"
# Range to start averaging at:
sun_cal.fBeamRangeStart = 20
# Configure the results processing here.
# Write the results file to this directory.
sun_cal.sResultsDirectory = "./"
sun_cal.fBeamPower = -2
sun_cal.fBeamArea = 1
sun_cal.fBeamPowerThresh = 0
sun_cal.fBeamPosThresh = 0.5
```

Е4.33. Д1.6 Оценка на полезността на метода за дистанционно ориентиране на радар с помощта на сигнали от слънцето в практическата работа на метеорологическите радари.

Инж. Соня Проконова

Водещ изследовател цифрова обработка

Ориентиране на радарните системи

2013 година

В допълнение към използваните през годините методи на ръчно ориентиране по слънцето с програмите ASCOPE и SUNTRACK и сверяване по познати обекти в GoogleEarth, беше въведена в предварително използване и

- методика на автоматично ориентиране по слънцето с помощта на програмата помощните програми SUNCAL, BEAM, PRODUCTX визуализация на резултатите от нея в графичен вид помощта на продукта BEAM, който може да се види на работния прозорец на IRIS, или в табличен вид в командния прозорец;
- предварителни измервания на широчина и форма на антенните диаграми и изобразяването им след обработка в софтуерния пакет MATLAB.

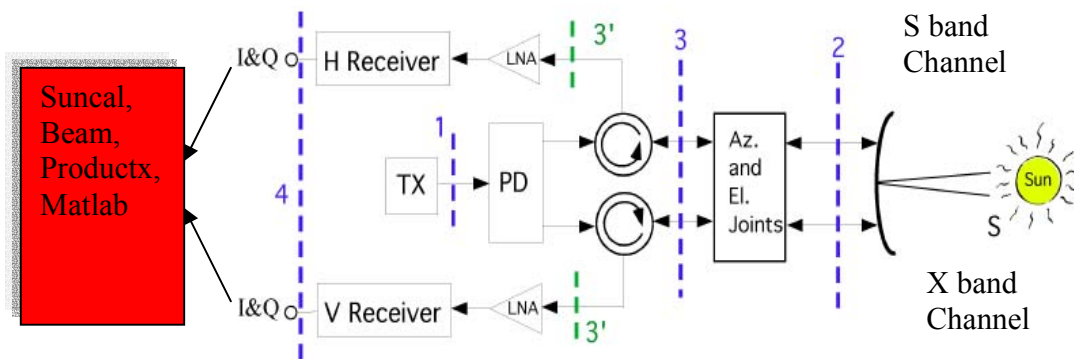
Получените предварителни резултати са изключително полезни и прокарват пътя към цялостно – “открай-докрай” калибриране на радарните системи, измерване на диаграмите на насоченост на антенните системи и в двата диапазона, оценка на актуалното усилване на антените, затихване на покритията и нивото на страничните листа на антенните системи.

Програмата SUNCAL работи с предварително зададен от нас прозорец в пространството азимут/ъгъл на място, където осъществява сканиране на антената със предварително зададена стъпка и записва приетата слънчева енергия за всяка последователна стъпка. След завършване на задачата, програмата изчислява въз основа на записаните данни приетите интензивности (на практика шум от слънцето/вътрешен шум на приемника, които по-нататък ще означаваме като сигнал/шум SNR), усреднени в зададената пачка. След това се изчислява център на диаграмата на антената, широчина на диаграмата в двете плоскости, както и грешки на ориентирането, спрямо предварително изчислените позиции на слънцето, при Гаусова апроксимация на формата на диаграмата.

По-нататък се изчислява продукт BEAM, който изобразява сечението на диаграмата на антената в плоскостта азимут/ъгъл на място, а цветовата гама изобразява усилването на антената.

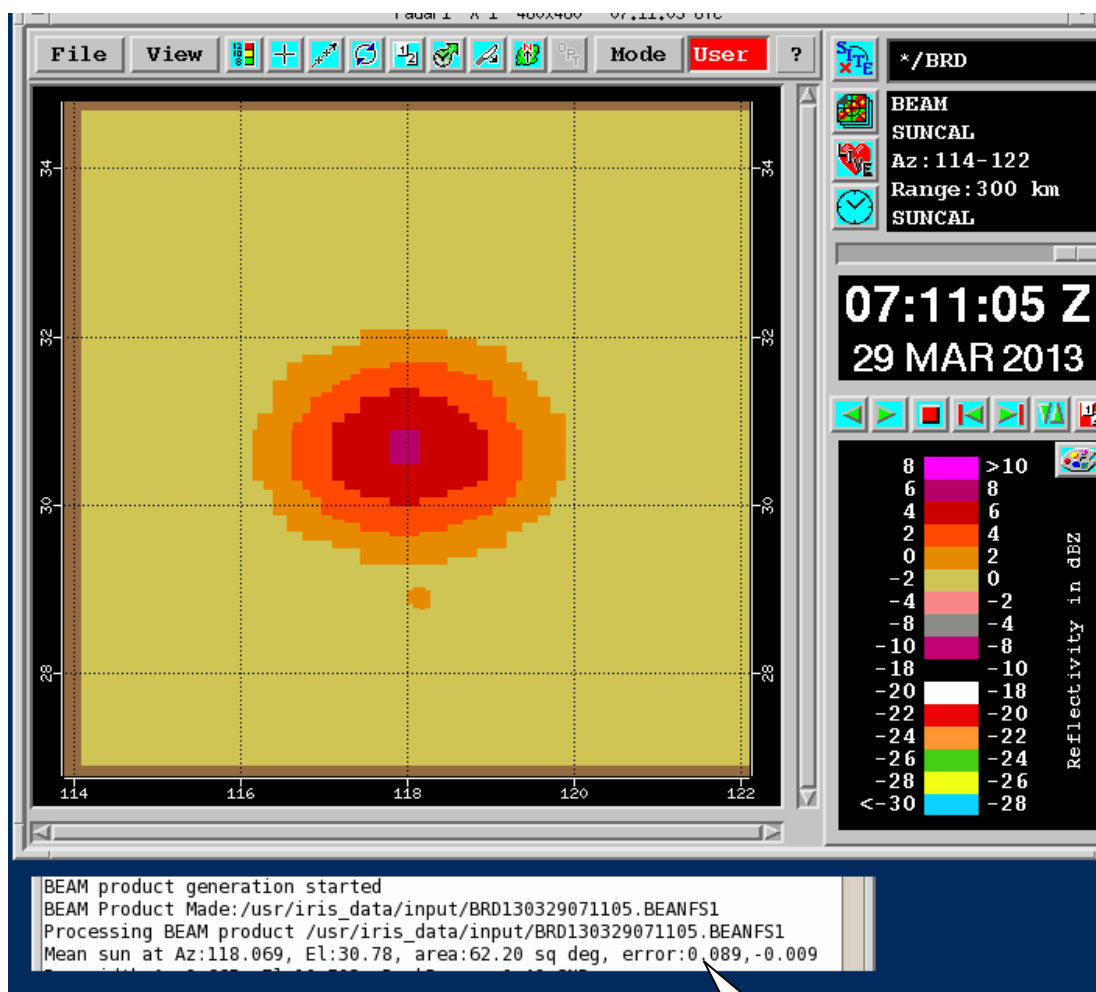
Поради досегашните грешки в ориентирането на РЛС тази програма не успяваше да захване стабилно слънцето и да направи успешни записи и последващи изчисления. През този сезон, след предварителна корекция, както и благодарение на използването на X диапазона, който е с по-високо пространствено разрешение и усилване на антената успешно бяха извършени серия от измервания- първо в X диапазона, а после с натрупването на опит и в S диапазона в КП Голям чердак и КП Бърдарски Геран. За съжаление не успяхме да направим такива измервания в КП Старо село, където усилването на антената в X диапазона е по-малко, но благодарение на натрупания опит можем и там при първа възможност да направим тези измервания и изчисления.

Блок схемата на измерванията за двата честотни диапазона е показана на фигурата по-долу:



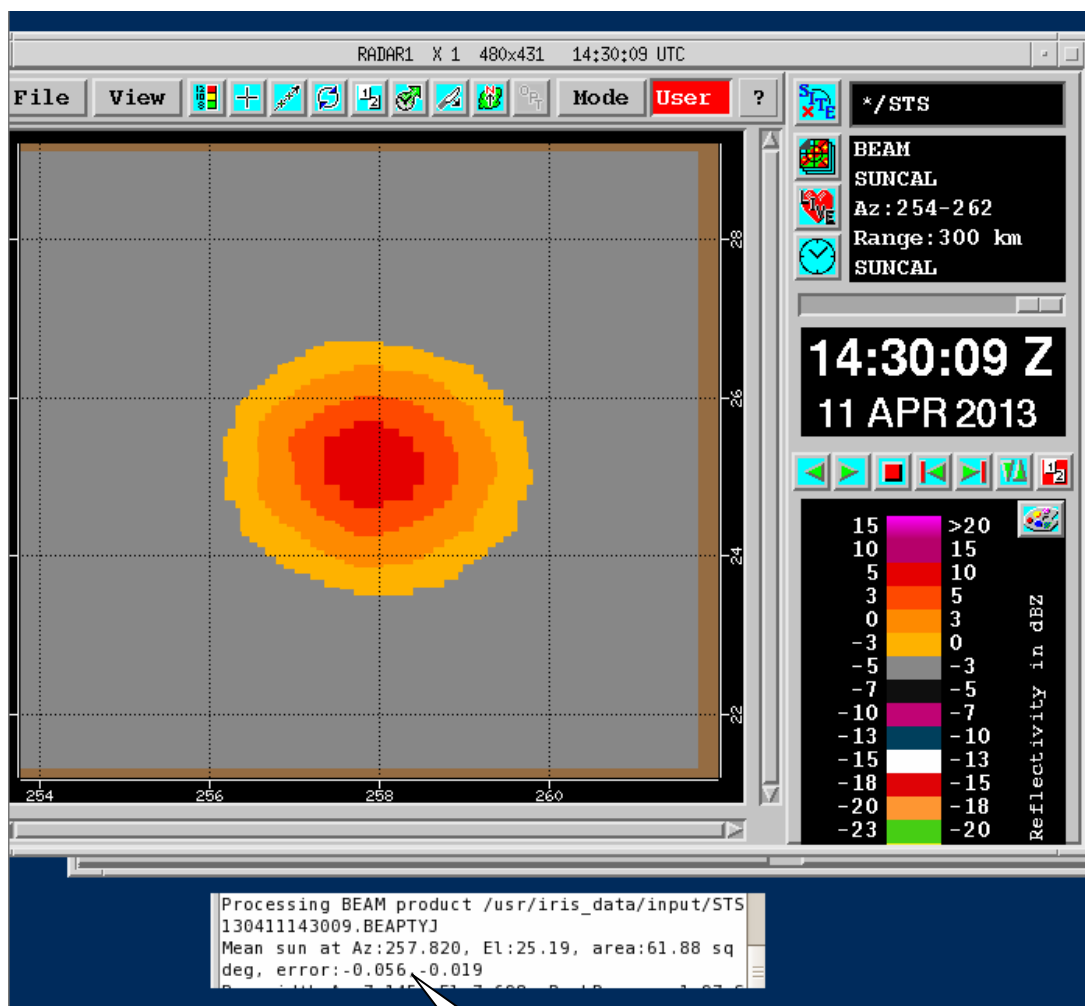
На снимката по-долу е показано едно от първите измервания на КП Голям чердак Бърдарски Геран в 3см диапазон.

Проверка на ориентирането (с програма SUNCAL)



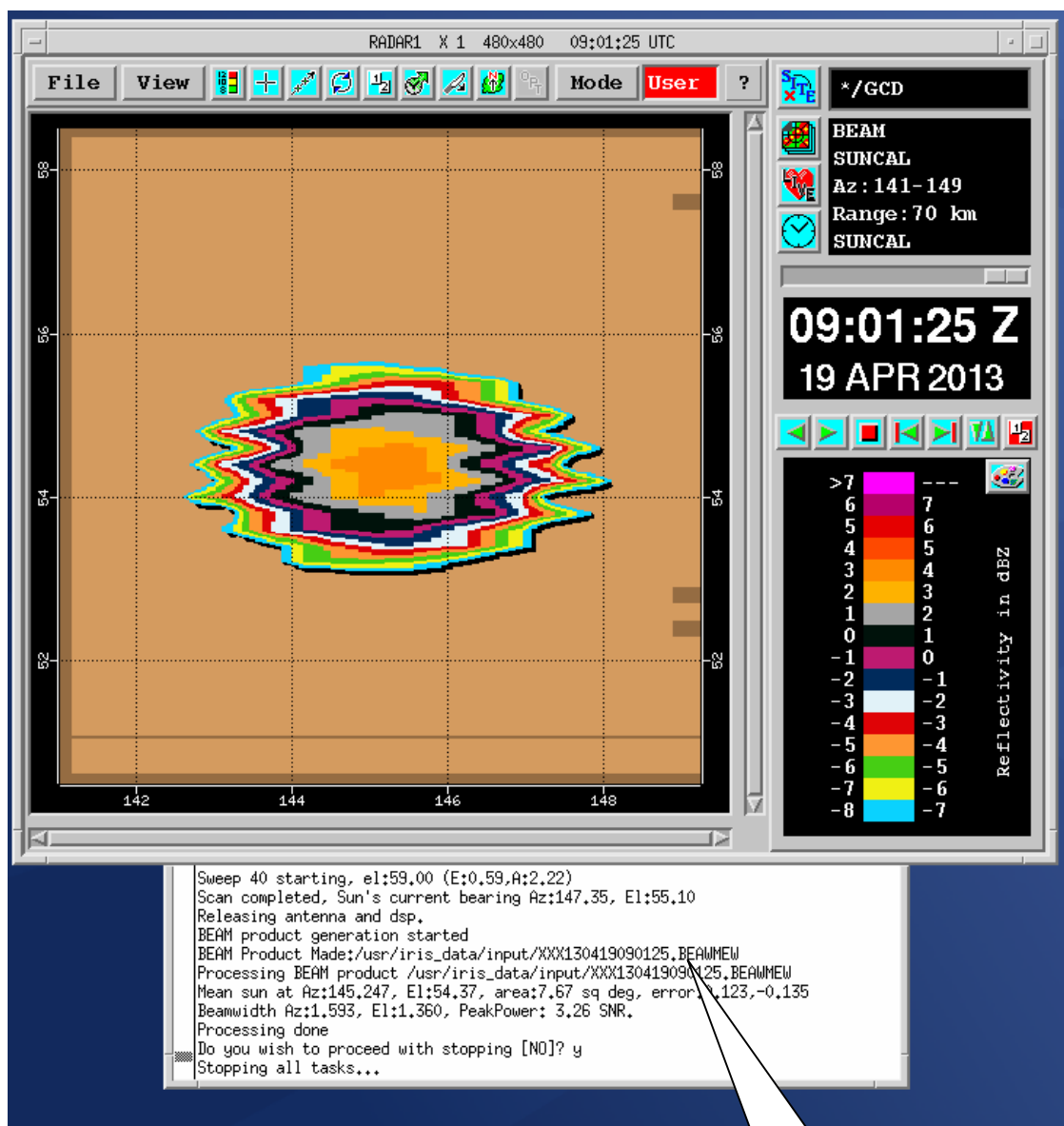
Грешка по
Азимут 0.089
Ъгъл по височина -0.009

Проверка на ориентирането (програма SUNCAL)



Грешка по
Азимут - 0.056
Ъгъл по височина -0.019

Проверка на ориентирането (програма SUNCAL)



Грешка по
Азимут 0.123
Ъгъл по височина -0.135

През 2014, освен интензивните и извънредни усилия по калибриране на радарните системи, беше отделено много внимание и на коригиране на установеното разминаване в ориентирането на РЛС. В допълнение към използваните през годините методи на ръчно ориентиране по слънцето с програмите ASCOPE и SUNTRACK и сверяване по познати обекти в GoogleEarth, беше въведена в предварително използване и

- методика на автоматично ориентиране по слънцето с помощта на програмата помощните програми SUNCAL,BEAM,PRODUCTX визуализация на резултатите от нея в графичен вид помощта на продукта BEAM, който може да се види на работния прозорец на IRIS, или в табличен вид в командния прозорец;

- предварителни измервания на широчина и форма на антенните диаграми и изобразяването им след обработка в софтуерния пакет MATLAB.

Получените предварителни резултати са изключително полезни и прокарват пътя към цялостно – “открай-докрай” калибриране на радарните системи, измерване на диаграмите на насоченост на антенните системи и в двата диапазона, оценка на актуалното усиление на антените, затихване на покритията и нивото на страничните листа на антенните системи.

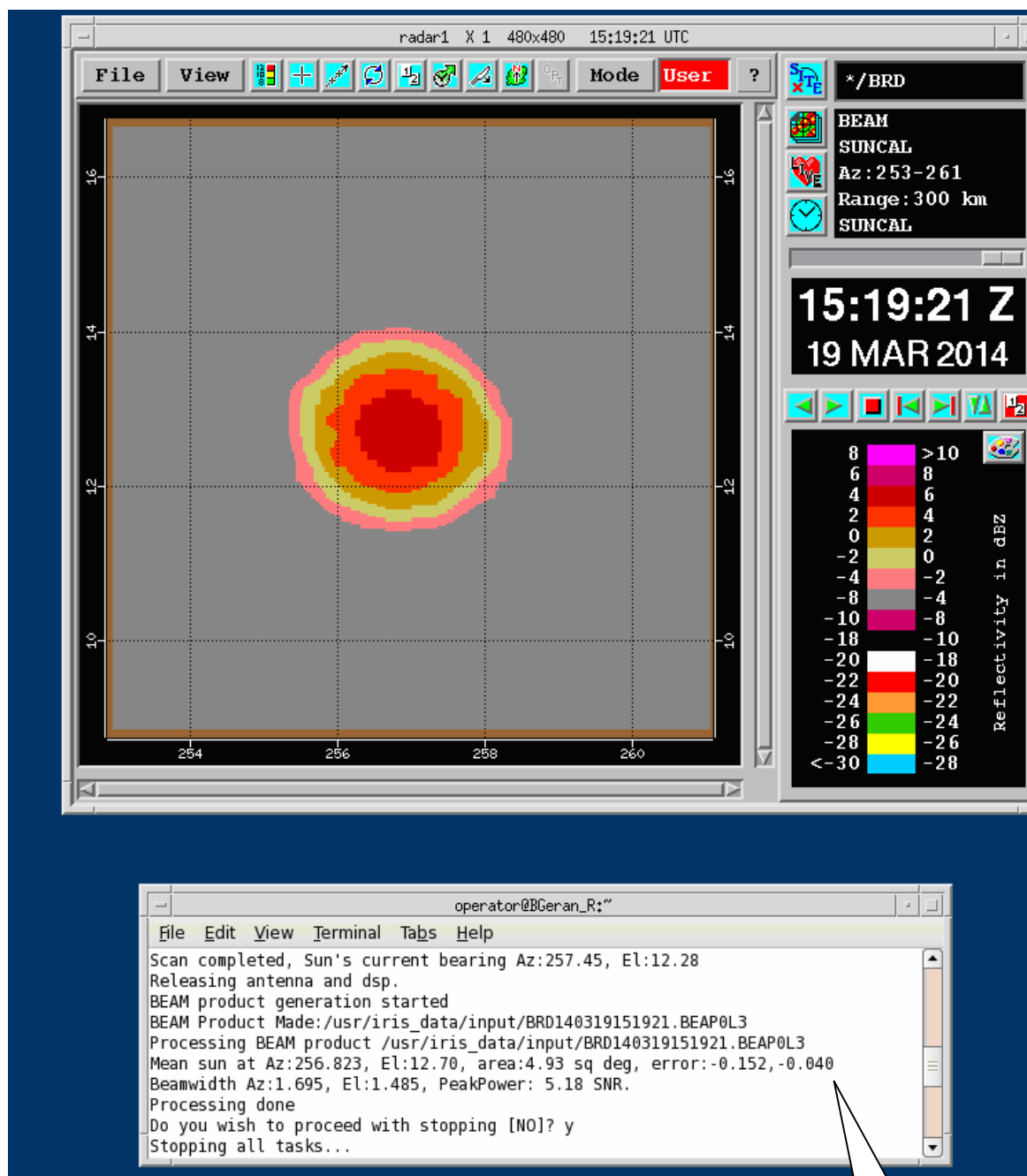
Програмата SUNCAL работи с предварително зададен от нас прозорец в пространството азимут/ъгъл на място, където осъществява сканиране на антената със предварително зададена стъпка и записва приетата слънчева енергия за всяка полседователна стъпка. След завършване на задачата, програмата изчислява въз основа на записаните данни приетите интензивности (на практика шум от слънцето/вътрешен шум на приемника, които по-нататък ще означаваме като сигнал/шум SNR), усреднени в зададената пачка. След това се изчислява център на диаграмата на антената, широчина на диаграмата в двете плоскости, както и грешки на ориентирането, спрямо предварително изчислените позиции на слънцето, при Гаусова апроксимация на формата на диаграмата.

По-нататък се създава продукт BEAM, който изобразява сечението на диаграмата на антената в плоскостта азимут/ъгъл на място, а цветовата гама изобразява усиляването на антената.

Поради досегашните грешки в ориентирането на РЛС тази програма не успяваше да захване стабилно слънцето и да направи успешни записи и последващи изчисления. През този сезон, след предварителна корекция, както и благодарение на използването на X диапазона, който е с по-високо пространствено разрешение и усиление на антената успешно бяха извършени серия от измервания- първо в X диапазона, а после с натрупването на опит и в S диапазона в КП Голям чердак и КП Бърдарски Геран. За съжаление не успяхме да направим такива измервания в КП Старо село, където усиляването на антената в X диапазона е по-малко, но благодарение на натрупания опит можем и там при първа възможност да направим тези измервания и изчисления.

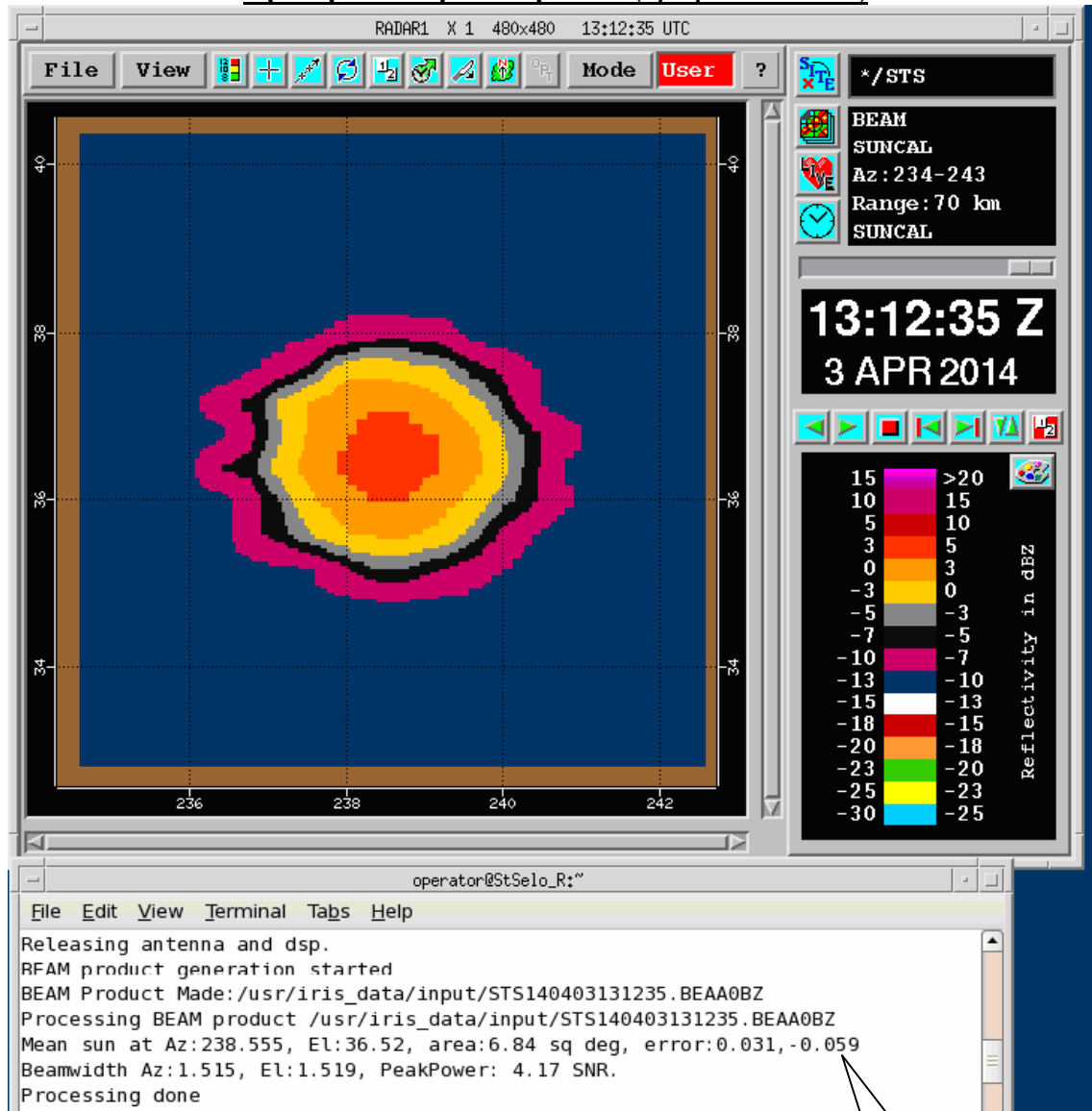
На снимката по-долу е показано едно от първите измервания на КП Голям чердак Бърдарски Геран в 3см диапазон.

Проверка на ориентирането (с програма SUNCAL)



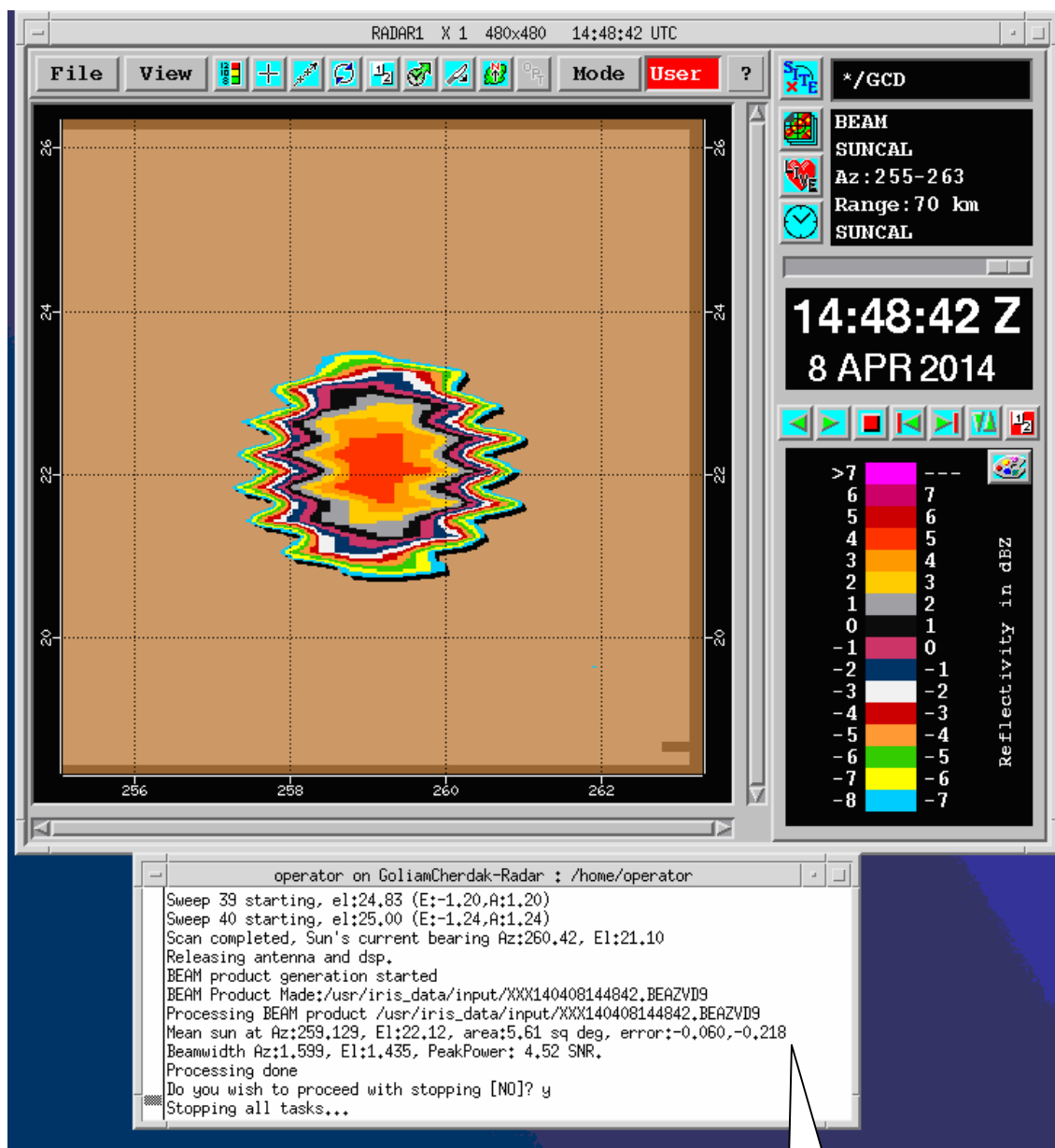
Грешка по
Азимут - 0.152
Ъгъл по височина -0.040

Проверка на ориентирането (програма SUNCAL)



Грешка по
Азимут - 0.031
Ъгъл по височина -0.059

Проверка на ориентирането (програма SUNCAL)



Грешка по
Азимут -0.060
Ъгъл по височина -0.218

Общия извод от направените експериментални изследвания е, че както ръчния метод за ориентиране по слънцето, така и автоматичния са изключително полезни за ориентиране на метеорологични радари, които разполагат с програми за изчисляване на текущото положение на слънцето и управление на радарния лъч.