

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

"Софтвер за анализу сигнала и прорачун параметара топографије површина"

Аутор техничког решења

- Др Богдан Недић, ред. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
- Др Слободан Митровић, ванр. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Наручилац техничког решења

- пројекат ТР 35034

Корисник техничког решења

- Лабораторија за обраду метала и трибологију
- Истраживачи Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Година када је техничко решење урађено

- 2014.

Област технике на коју се техничко решење односи

- Класа 42 - пројектовање и развој софтвера (према међународној класификацији роба и услуга)

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Проблем који се решава овим техничким решењем је проширење могућности и ревитализација постојеће мерне опреме за мерење параметара топографије техничких површина, односно храпавости техничких површина.

Постојећа мерна опрема за мерење параметара храпавости површина је ограничена многим проблемима. Највећи број мерних уређаја је набављан у претходним периодима и сада су веома застарели. Многи уређаји су користили рачунарску опрема која сада не ради или нема софтверску подршку. Такође, многу уређаји су користили различите штампаче за које сада није могуће набавити одговарајући папир, писач или нису исправни.

Међутим, код највећег броја ових мерних уређаја и даље је мерни део у функцији. Мерна игла, погон и њено вођење су исправни и у функцији.

Мерни уређај *Talysurf-6* за мерење топографије површине се на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу налази преко 25 година и користи се интензивно у настави и за научноистраживачке намене. Користећи овај мерни уређај реализован је веома велики број магистарских теза, докторских дисертација, научноистраживачких пројеката, пројеката сарадње са привредом и дипломских радова. Од 1991. године уређај је помоћу серијског порта повезан са рачунаром и апликацијом урађеном помоћу *GWBASIC* се врши учитавање података у рачунар. Даљу обраду овако учитаних података су вршили појединачно истраживачи са своје потребе. Отказ рачунара (*AT-486* са *DOS* оперативним системом и дискетним јединицама) и немогућност даљег коришћења мерног уређаја на исти начин наметнули су потребу решавања овог проблема на квалитетнији начин.

Поред решавања проблема коришћења постојеће мерне опреме на факултету а познавајући проблеме немогућности набавке нове мерне опреме код многих предузећа, код којих су приоритети усмерени на опстанак на тржишту, обезбеђење личних примања радника, намеће потребу налажења решења замене застареле опреме или њено поновно стављање у функцији, али са проширеним, по могућству знатно побољшаним карактеристикама.

Овим, техничким решењем се проширује могућност примене постојећих уређаја за мерење топографије површина. Постојећи уређаји, било да имају само мерну скалу која показује вредност основних параметара храпавости *Ra*, *Rz* или *Rmax* или су то компјутеризовани мерни системи, овим техничким решењем постају савремени мерни уређаји са могућношћу израчунавања веома великог броја параметара уз могућност прорачуна многих нових. Применом овог техничког решења постојећој опреми се продужава радни век.

2. Стање решености проблема у свету - приказ и анализа постојећих решења

Развојем уређаја за мерење топографије површина и унапређењем могућности коришћења постојећих уређаја за мерење топографије површина данас се баве фирме које су произвођачи ових уређаја. На тржишту су присутни савремени мерни компјутеризовани уређаји са знатно побољшаним могућностима контактеног и бесконтактеног мерења топографије површина и софтвера за анализу топографије површина. Ови мерни уређаји пружају могућност израчунавања веома великог броја различитих параметара и графички приказ 2Д и 3Д површина.

Међутим, појава нових уређаја и софтвера проширених могућности аутоматски значи и нову вишу цену. Развијени софтвери за анализу топографије површина су везани за конкретну мерну опрему и на тржишту се не могу наћи софтвери који подржавају старе уређаје и уређаје других произвођача. Постојећи савремени софтвери имају намену за:

- управљање кретањима елемената мерне опреме,
- мерење сензором - мерним пипком или бесконтактно (ласером и сл.),
- дигитализацију мерног сигнала и
- прорачун параметара топографије и графички приказ.

Најсавременији мерни уређаји су намењени и за скенирање и мерење 3Д параметара храпавости површина.

Уколико и постоји могућност примене савремених софтвера на старим мерним уређајима, њихова цена је значајна и у старту одвраћа домаћег потенцијалног купца од куповине.

3. Суштина техничког решења

Високо прецизна савремена мерна опрема за мерење карактеристика топографије површина подразумева савремена решења конструкције уређаја која омогућују веома захтевна мерења делова сложених геометрија (као што су сложене површине алата за ливење, израду делова од пластичних маса, површина са озубљењем, и сл.).

Анализом података о савременим мерним уређајима и примењеним софтверима а по узору на постојеће извештаја мерења које пружа мерни уређај *Talysurf-6* фирме *Taylor Hobson*, којим Факултет инжењерских наука у Крагујевцу располаже, креиран је софтвер који омогућује проширење могућности овог мерног уређаја и његову примену код осталих мерних уређаја независно од типа, произвођача и периферних постојећих уређаја за запис сигнала топографије површине.

На Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу постоји неколико уређаја за мерење параметара топографије површина: *Talysurf-6* фирме *Taylor Hobson*, *Tester-P1* фирме *Hommel Werke* и др. Развијени софтвер је тестиран на овим уређајима. Тестирање је показало могућност његове опште намене за све уређаје овог типа. Поред тога, могуће је прилагођавање софтвера и за мерне машине осталих произвођача који за мерење користе мерни пипак и имају аналогни сигнал који је могуће *AD* аквизицијом увести у рачунар.

Како се највећи број мерних уређаја за мерење карактеристика техничких површина налази у предузећима у индустрији прераде метала и истраживачким установама, посебно је значајно нагласити да се применом развијених софтверских апликација може продужити и унапредити њихова област коришћења. Развијени софтвер је тестирањем на еталонима и реалним површинама показао да даје исте вредности параметара топографије као и савремени мерни уређаји, односно да је прорачун параметара адекватно урађен.

Развијени софтвер је на нивоу постојећих за које се код познатих светских произвођача ове мерне опреме могу наћи подаци и описи.

Развијени софтвер са карактеристикама и начином коришћења ће бити доступан домаћим и страним потенцијалним корисницима који ће моћи успешно да га

примене на својој мерној опреми. На овај начин је омогућено решавање практичних проблема мерења постојећом мерном опремом у индустрији и у научно-истраживачком раду и настави на техничким факултетима у земљи. Развијени софтвер је једноставан за употребу и подржан пратећим упутством.

4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

Уређаји за мерење топографије површина служе за мерење и израчунавање вредности параметара храпавости техничких површина. Уређаји показују најчешће параметре ***Ra***, ***Rz*** или ***Rmax***.

Код уређаја веома старих генерација софтверских решењем се врши пријем мерног сигнала и његов запис у меморију рачунара коришћењем *AD* аквизиције сигнала а након тога израчунавање параметара и графички приказ профила топографије површине. Код савременијих уређаја користи се сигнал који се шаље најчешће штампачу за штампање параметара или писачу за графички приказ топографије површине. Код ових уређаја је већ извршена дигитализација сигнала и израчунати параметри.

4.1. Софтверско решење за проширење могућности уређаја *TALYSURF-6*

Идеја и разлози за развој софтвера су произашли из потребе да се прошире могућности мерног уређаја *Talysurf 6*, због проблема штампања и чувања резултата мерења. Принтер-плотер *EPSON FX-80* је термо-штампач који има могућност штампања као матрични штампач или као плотер за штампање сигнала профила површине на термоосетљивом папиру са бочном перфорацијом.

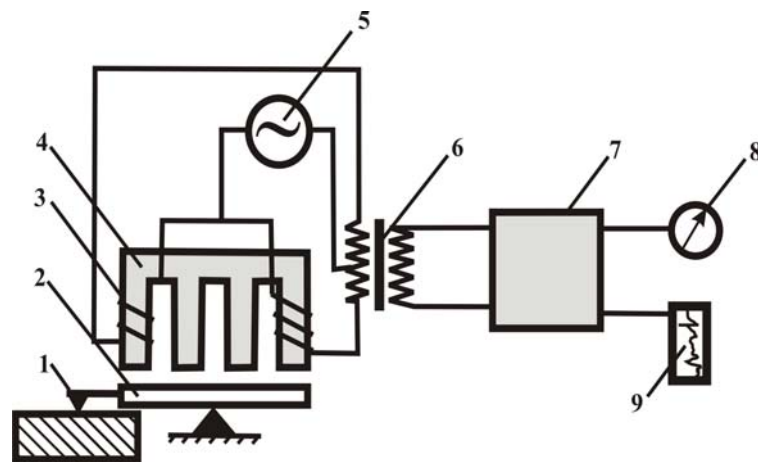
Talysurf-6 је компјутеризовани мерни систем за мерење и анализу храпавости техничких површина, који омогућује мерење широког спектра параметара који описују карактеристике техничких површина:

- мерење основних и допунских параметара храпавости и валовитости,
- статистичку обраду резултата мерења параметара храпавости,
- приказивање резултата на екрану, њихово меморисање, штампање и цртање,
- просторно скенирање површине.



Слика 4.1. Уређај за мерење хрпавости Talysurf 6

Основу уређаја сачињава профилометар (слика 4.2.) који даје могућност очитавања параметара хрпавости или валовитости.



Слика 4.2. Схема профилометра

За време кретања дијамантске игле (1) по неравној површини (слика 4.2), игла додирује неравнине профила, осцилује при чему преноси те осцилације на индуктивни давач (2). Због осциловања индуктивног давача долази до промене зазора између котве и система магнета састављеног од језгра (4) и калема (3). Ова промена изазива промену напона индуковане струје на излазу диференцијалног трансформатора (6). Образовани сигнал се помоћу појачивача смештеног у електричном блоку (7) појачава, трансформише и може се пренети на индикаторску јединицу (скала инструмента (8) и плотер (9)) или у рачунар. Очитавање параметара хрпавости код мерног уређаја *Talysurf 6* врши се након прорачуна помоћу рачунара на екрану, штампања или записивања на термоосетљивој траци.

Немогућност набавке специјалног папира за штампач, немогућност избора различитих графичких презентација топографије површина и немогућност чувања параметара топографије површине и профила су наметнули задатак и потребу повезивања са рачунаром.

Код овог техничког решења персонални рачунар је са мерним уређајем *Talysurf-6* повезан помоћу серијске везе *COM-3*. Уместо штампача постављен је рачунар који је повезан помоћу специјалног адаптера са мерном машином. Основни делови мерног уређаја *Talysurf-6* повезаног са рачунаром је шематски приказан на слици 4.3.



Слика 4.3. Мерни систем за *Talysurf-6* повезан са рачунаром и пример мерења

На овај начин је омогућен пријем и запис сигнала који мерна машина и њен рачунар шаљу штампачу и даља обрада овако добијених података. Учитани подаци су у облику табеле (слика 4.4).

Talysurf 6 чине следећи елементи (слика 4.3):

- Компјутерски систем *TALYDATA 2000* са монитором,
- Појачивач сигнала са мерне игле,
- *EPSON HX-20* мини компјутер са тастатуром и мини матричним штампачем,
- *EPSON FX-80* принтер (плотер) са рад са термоосетљивим папиром перфорираним са бочних страна,
- 120 mm носач са погоном и мерном иглом,
- Постоље са вертикалним стубом и погоном за померања дуж вертикалне осе ради позиционирања мерне игле,
- Линеарни писач и
- 160 мм попречни носач са независним погоном.

Talydata 2000 је компјутерски систем опште намене који се налазио у употреби на великом броју уређаја намењених метрологији. Он користи појачани аналогни сигнал из мерног система и процесира га ради графичког приказа и израчунавања параметара топографије. Оперативни систем *Talydata 2000* је **RDOS (Real-time Disk Operating System)** који ради у реалном времену (*real-time*) и издат је 1972. године.

EPSON HX-20 мини рачунар поседује мали дисплеј, мали матрични штампач и мини касетну јединицу за снимање одговарајућих података. Основна функција овог мини рачунара је улога тастатуре за *Talydata 2000* ради управљања функцијама мерног уређаја *Talysurf-6*.

EPSON FX-80 је штампач који функционише као матрични штампач при штампању текста и као плотер при цртању профила мерене површине. Овај штампач користи термоосетљиви папир (као Фах папир) са перфорацијом са бочних страна за вођење.

Штампач *EPSON FX-80* је повезан са *Talydata 2000* преко примарног *RS-232* порта. Одговарајућим командама са мини рачунара могу се задати наредбе да се врши штампање резултата као што су параметри топографије површине (команда **PRINT**), слика 4.4, или цртање профила површине, криве ношења профила или амплитудне дистрибуције (команда **PLOT**), слика 4.5. Овакав запис се може добити на мини матричном штампачу интегрисаног у мини рачунару *EPSON HX-20* и сачуван на микро касети.

```

R/ISO/0.25mm NORMAL
ID: 8 0-???- 0

PARAMETERS
=====
Rt1 1.43 um
Rt2 1.47 um
Rt3 1.02 um
Rt4 1.09 um
Rt5 1.24 um
Ra 0.185 um
Rq 0.233 um
Ry 1.47 um
Rtm 1.25 um
Rv 0.72 um
Rp 0.75 um
Sm 14.6 um
DELQ 6.1 deg
Rsk -0.1
Rku 3.0
S 7.8 um
R3z 0.89 um
Rpm 0.65 um
R3y 0.99 um

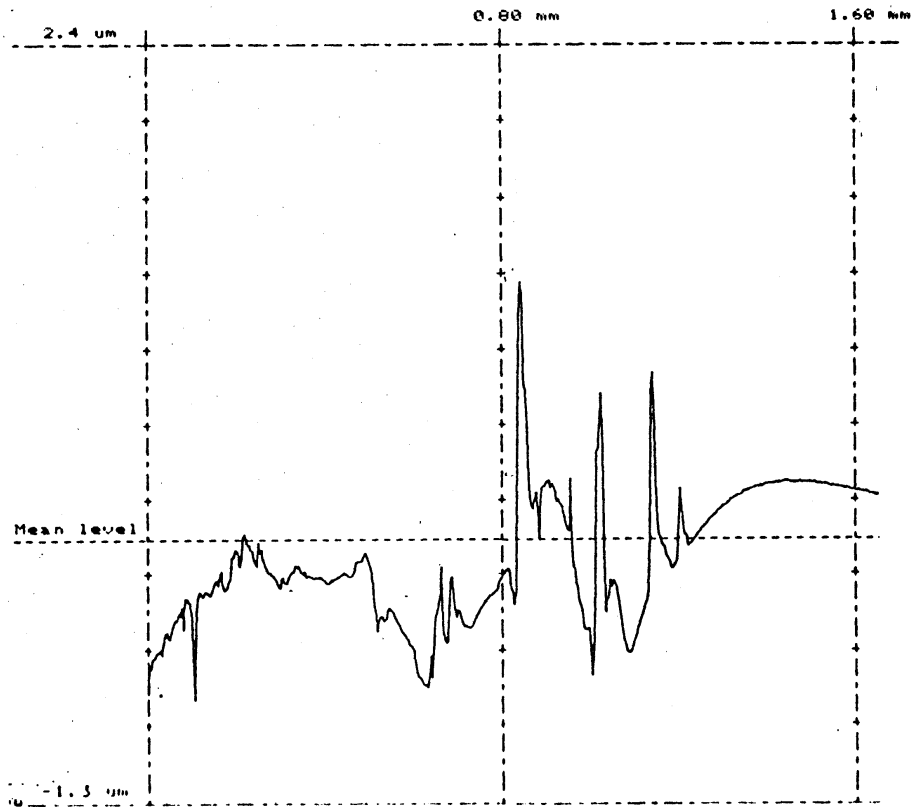
```

Слика 4.4. Изглед штампаних резултата параметара топографије добијен командом **PRINT**

Параметри топографије површине који се мере коришћењем *Talysurf-6* су дати у следећој табели.

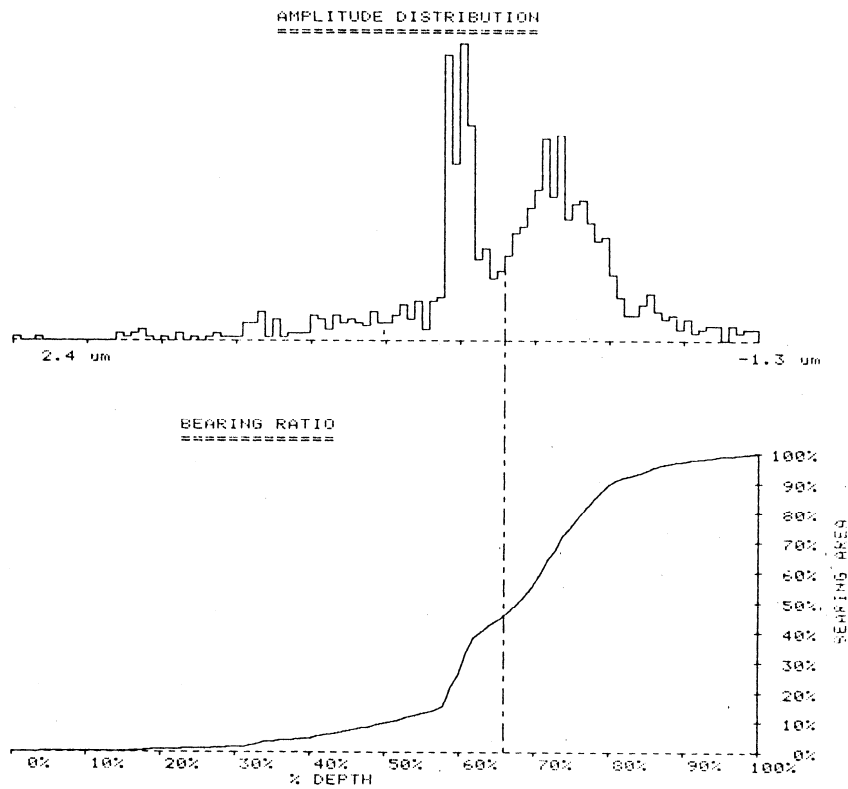
Rt1 - Rt5, μm	Максималне висине профила на референтним дужинама, на дужини оцењивања
Ra, μm	Средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања
Rq, μm	Средње квадратно одступање профила на дужини оцењивања
Ry, μm	Максимална висина профила, максимална R_{ti} вредност
Rtm, μm	Средња R_{ti} вредност
Rv, μm	Највећа дубина удубљења профила
Rp, μm	Највећа висина испупчења профила
Sm, μm	Средњи корак испупчења профила
$\Delta q, ^\circ$	Средњи квадратни угао нагиба профила
Rsk	Коефицијент асиметрије профила, мера симетрије криве расподеле амплитуда
Rku	Куртосис, мера заострености криве расподеле амплитуда
S, μm	Средњи корак локалних испупчења профила
R3z, μm	Средња вредност растојања трећег по висини испупчења и трећег по дубини удубљења на референтној дужини профила
Rpm, μm	Средња вредност R_{pi} одређених на референтним дужинама
R3y, μm	Највеће растојање трећег по висини испупчења и трећег по дубини удубљења на референтној дужини.

R/ISO/0.8 mm NORMAL
ID: 10



a)

R/ISO/0.8 mm NORMAL
ID: 10



Слика 4.5. Изглед дела профила површине а) добијен са командом **PLOT** и крива амплитудне дистрибуције и крива ношења б)

Приликом избора команде **PRINT** при графичком приказу профила површине уместо команде **PLOT** (грешком), на штампачу долази до штампања података о прорачунатим вредностима тачака потребних за цртање профила. Све одштампане вредности се налазе између бројева 0 и 22016. Поред штампања тачака за цртање профила, претходно се на одговарајућем месту штампа податак о референтној дужини профила, редном броју мерења и податак о размери (слика 4.6).

```

00
|
R/ISO/0.25mm NORMAL
ID: 5 0-???- 0
1 BIT=0 3.81318E-04 UM

```

PROFILE DATA						
N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	
0	11941	12303	12462	12303	12332	0
5	12592	13114	13750	14127	13664	0
10	12867	12737	13200	13577	13229	0
15	12737	12448	12202	11536	11203	0
20	11246	11275	11637	12520	13056	0
25	13360	13490	13533	13765	13939	0
30	13620	12679	12303	12448	12346	0
35	11666	10812	10407	10450	11073	0
40	12332	13041	12621	11304	9886	0
45	9698	10059	10653	11073	11232	0
50	11073	10262	9495	9596	10769	0
55	11854	12491	12419	11681	11406	0
60	12506	13273	12911	11608	10870	0
65	11000	11695	12390	12477	12042	0
70	11666	11565	11261	10783	9509	0
75	7859	6600	6455	6050	5442	0
80	5760	6803	7715	8887	9958	0
85	10653	11073	10856	9842	9148	0
90	9148	9220	9176	9046	8786	0
95	8424	8076	7874	7888	8207	0
100	8438	7961	7251	7888	9596	0
105	10884	11435	10696	8800	7888	0
110	7859	7888	7917	7816	7483	0
115	7613	8293	9046	9538	9075	0
.....						
1050	10320	8930	8409	8945	9466	0
1055	9625	9944	10378	10334	10682	0
1060	11102	10740	9842	8583	7555	0
1065	6774	6557	6397	6310	6238	0
1070	5934	5572	5731	6368	7932	0
1075	9683	11145	11420	11319	11652	0
1080	11999	11767	10580	8467	6745	0
1085	5485	5312	5616	6397	7729	0
1090	9698	11319	12202	12028	11579	0
1095	10595	9495	9220	9509	9770	0
1100	9958	10030	10030	9944	9784	0
1105	9683	10074	11102	11695	11681	0
1110	11594	11796	12115	12274	12245	0
1115	11492	10407	9828	9654	9857	0
1120	10161	10277	10754	11782	12911	0
1125	13475	13475	13403	13722	14025	0
1130	14185	14344	14402	14387	14272	0
1135	13287	11854	11087	11695	12781	0
1140	13229	12954	11203	7628	4747	0
1145	4110	4255	4342	4472	5355	0

```

000A00

```

Слика 4.6. Изглед одштампаног профила опцијом **PRINT**

Анализом овако одштампаних података (а не цртаног профила) констатовано је да рачунар штампачу шаље нумеричке вредности о профили површине и да се ове вредности могу искористити за нумеричке прорачуне и цртање профила површине уколико би се са њима располагало независно од мерног уређаја *Talysurf-6*. Утврђено је да *Talysurf-6* рачунару шаље 1150 тачака уколико је реч о мерењу профила топографије површине са филтрирањем мерног сигнала, односно 1000 тачака уколико се не врши филтрирање мерног сигнала.

Због тога је првобитно помоћу *GWBASIC* програма направљена апликација за комуникацију са *Talysurf-6* и пријем података (уместо штампачу подаци су слати персоналном рачунару). Ова апликација је омогућавала и графички приказ профила и смештање тачака профила у диск рачунара. Помоћу других програма (*STATISTIKA*, *EXCEL* и сл.) вршено је преузимање тачака и цртање профила. Коришћени рачунар поред мерног уређаја *Talysurf-6* је био *AT-486* са оперативним системом *DOS* и дискетном јединицом. Како је престала могућност коришћења овог рачунара, а тиме и коришћење креиране апликације настала је потреба за новом апликацијом која би омогућила учитавање тачака профила у рачунар и даљи прорачун.

За израду нове апликације - софтвера за повезивање са *Talysurf-6* искоришћен је рачунаром са савременим *Windows* оперативним системом и програм ***Hyper Terminal*** који се налази у оквиру *Windows* оперативног система. За намену повезивања помоћу *RS-232* порта са *Talysurf-6* и рачунара са *USB* портом, набављен је адаптер *RS-232 - USB 1.1* (слика 4.7). На овај начин су проширене могућности уређаја *Talysurf-6*.

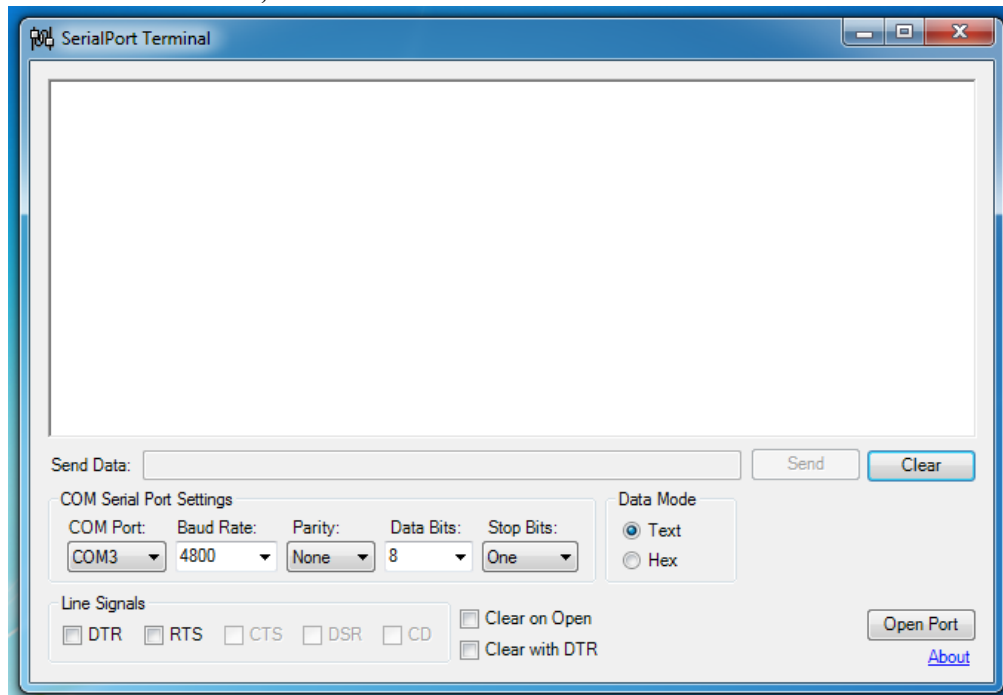


Слика 4.7. Адаптер *RS-232 - USB 1.1*

Због тога што комуникација између *Talysurf-6* и рачунара помоћу програма ***Hyper Terminal*** није била поуздана искоришћен је специјално креиран програм *SerialPort Terminal*. Програм је написан у *C#* програмском језику помоћу *Microsoft Visual C# 2008* програма. *SerialPort Terminal* функционише без инсталације, само га је потребно покренути. Програм учитава све податке који му се шаљу преко серијског порта који препознаје и податке смешта у меморију рачунара.

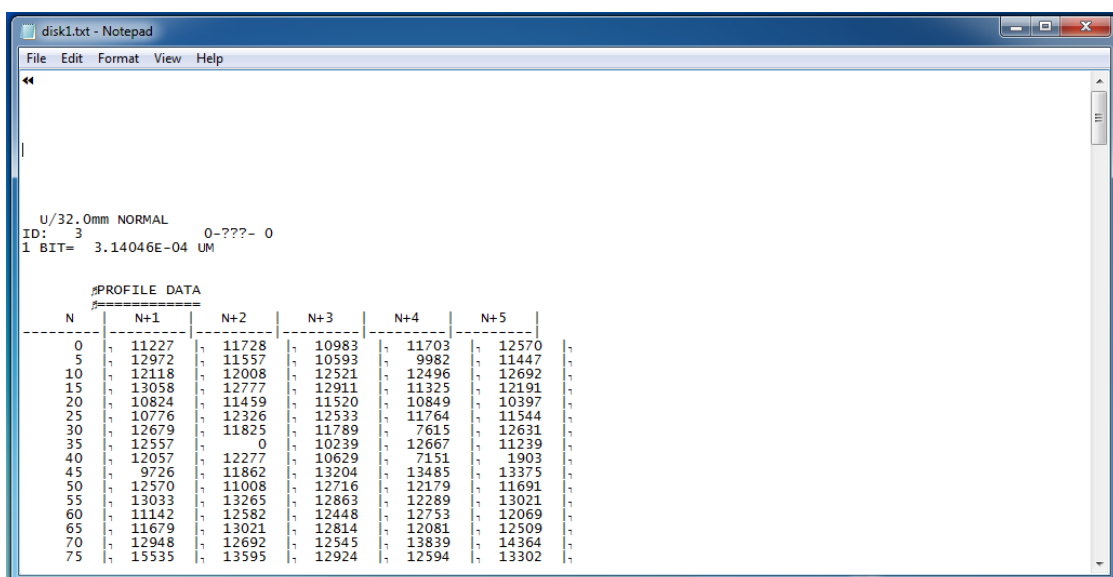
У програму *SerialPort Terminal* врши се избор *COM* порта и потребних параметара за учитавање података, слика 4.8:

1. *Baud Rate, 4800*
2. *Parity, none*
3. *DataBits, 8*
4. *Stp Bits, One*
5. *Data Mode, Text.*



Slika 4.8. Radno okruženje SerialPort Terminal

Програм ради веома једноставно, избором наредбе **PRINT** на *Talysurf-6* врши се слање података, а по завршетку пријема података помоћу *SerialPort Terminal*, копирају се у било коју текстуалну датотеку, најједноставније у текст едитор, односно програм *Notepad*, слика 4.9.

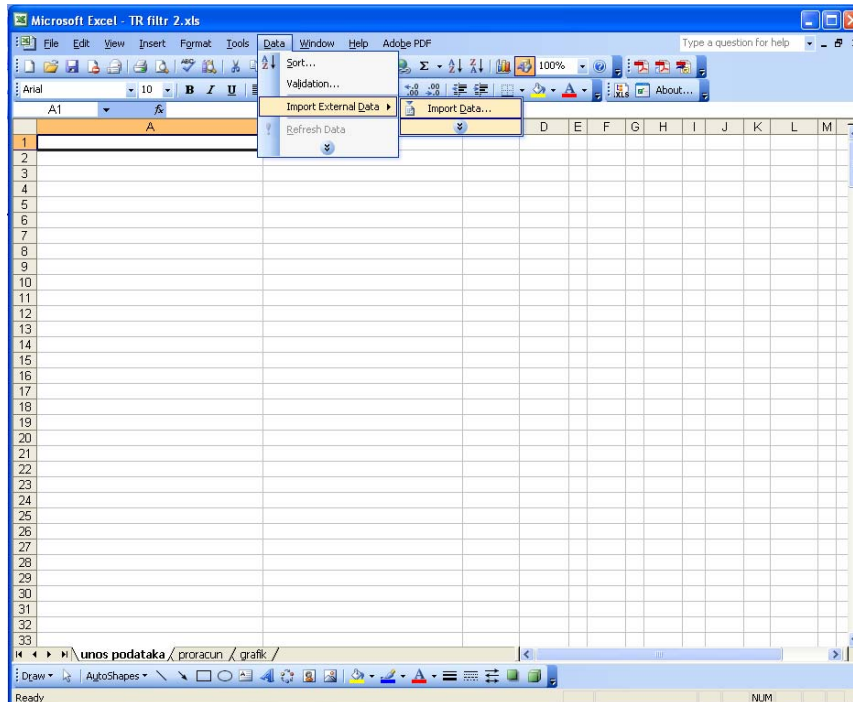


Слика 4.9. Изглед текстуалне датотеке копиране из програма SerialPort Terminal у Notepad

Реализовано техничко решење омогућује снимање текстуалне датотеке на рачунар која садржи:

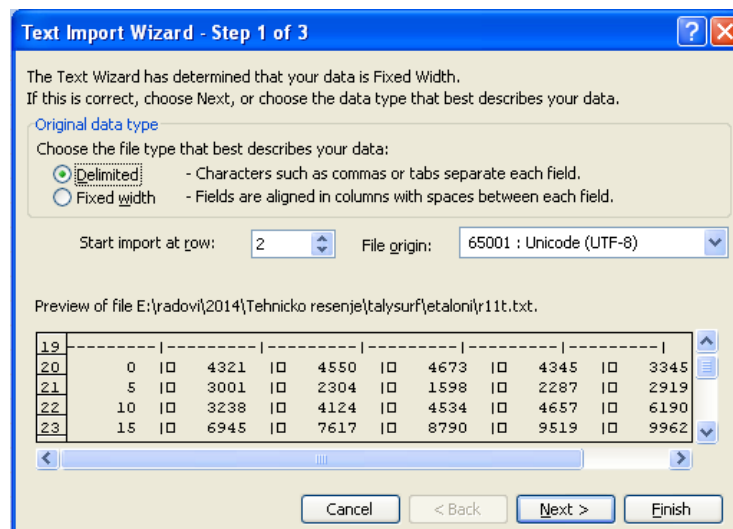
- податке о тачкама профила површине,
- податке о тачкама за цртање криве ношења и криве амплитудне дистрибуције
- податке о параметрима топографије површине.

Текстуални подаци из датотеке се могу употребити тек након учитавања у програм *Microsoft Office Excel* и софтверску апликацију креирану у оквиру овог техничког решења. Учитавање се врши помоћу наредби *Data - Import External Data - Import Data...* и избора текстуалне датотеке (слика 4.10).

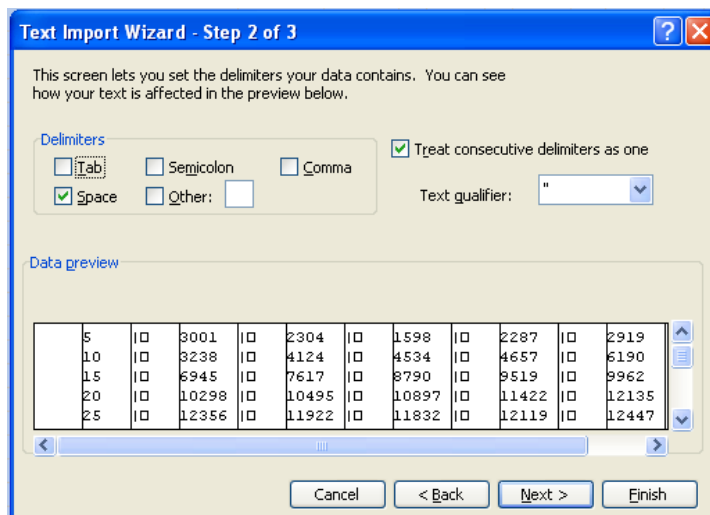


Слика 4.10. Учитавање датотеке са подацима

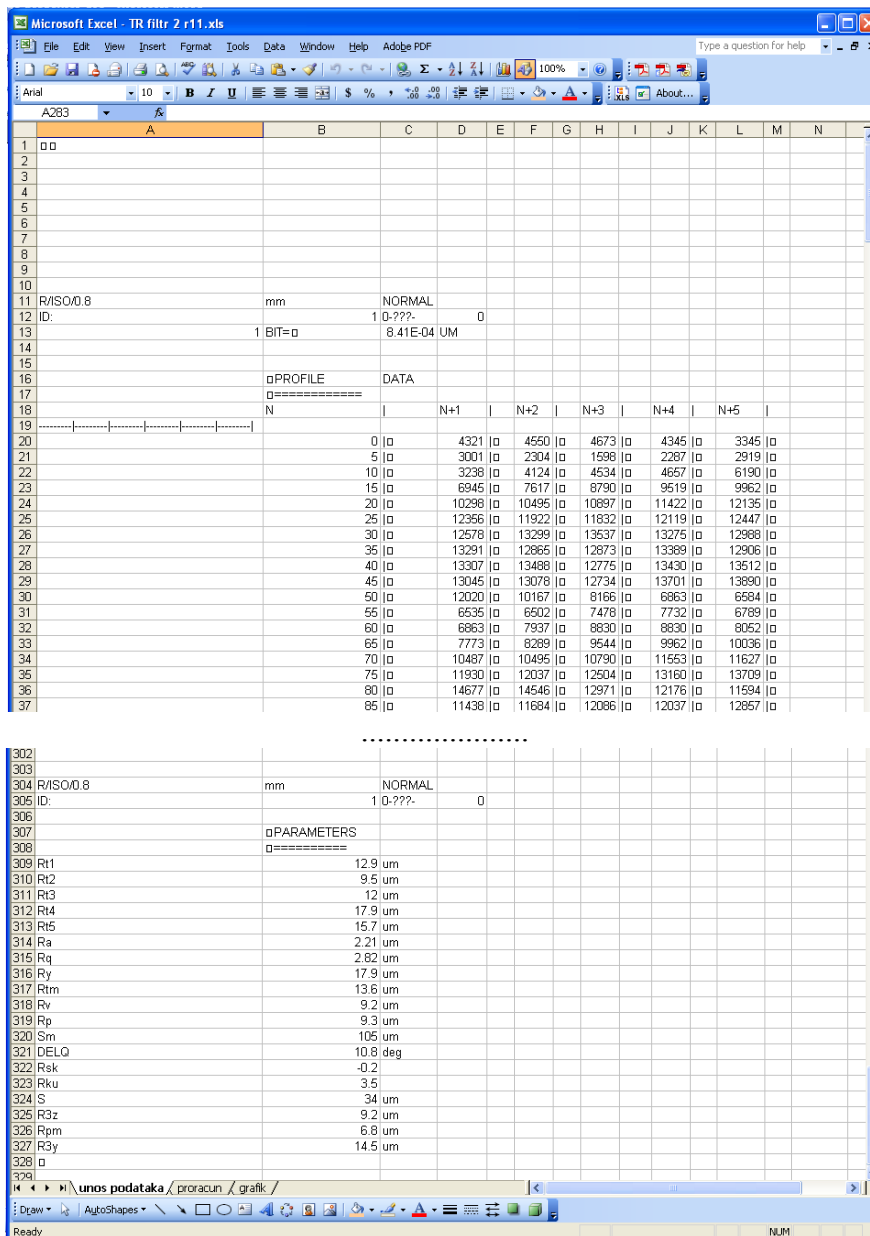
Одговарајућим изборима и подешавањима (слика 4.11 и 4.12) коначно се учитава текстуална датотека, слика 4.13.



Слика 4.11. Први корак при учитавању текстуалне датотеке



Слика 4.12. Одговарајућа подешавања у другом кораку учитавања



Слика 4.13. Коначан изглед учитане текстуалне датотеке

Након учитавања података реализованим софтверским решењем омогућено је:

- аутоматско препознавање нумеричког дела вредности на месту *C12* које представља размеру којом се множе нумеричке вредности учитаних тачака профила површине, колоне *D*, *F*, *H*, *J* и *L*,
- аутоматско препознавање нумеричког дела вредности на месту *A10* које представља референтну дужину профила. Укупна референтна дужина профила је петострука вредност ове величине. Мерни уређај *Talysurf-6* параметре топографије површине израчунава према стандарду *ISO* стандардима 4287-1997, 13565-1-2 и 12085. То значи да се користе 5 референтних дужина на којима се оцењује профил и статистичким методама прорачунавају укупни параметри,
- аутоматско генерисање тачака профила у виду колоне при чему се вредности крећу од 0 до максималне висине профила,
- аутоматско одређивање положаја средње линије профила познавањем вредности *Rv* и *Rp* и генерисање коначних вредности тачака профила у одговарајућој колони,
- аутоматско генерисање колоне са вредностима тачака на *x*-оси,
- аутоматско препознавање вредности тачака у табели које дефинишу криву ношења и криву амплитудне дистрибуције и креирање одговарајућих колона,
- аутоматско препознавање појединих параметара топографије површина,
- аутоматско креирање коначног извештаја мерења извршеног помоћу мерног уређаја *Talysurf-6* за које је учитана текстуална датотека у рачунар.

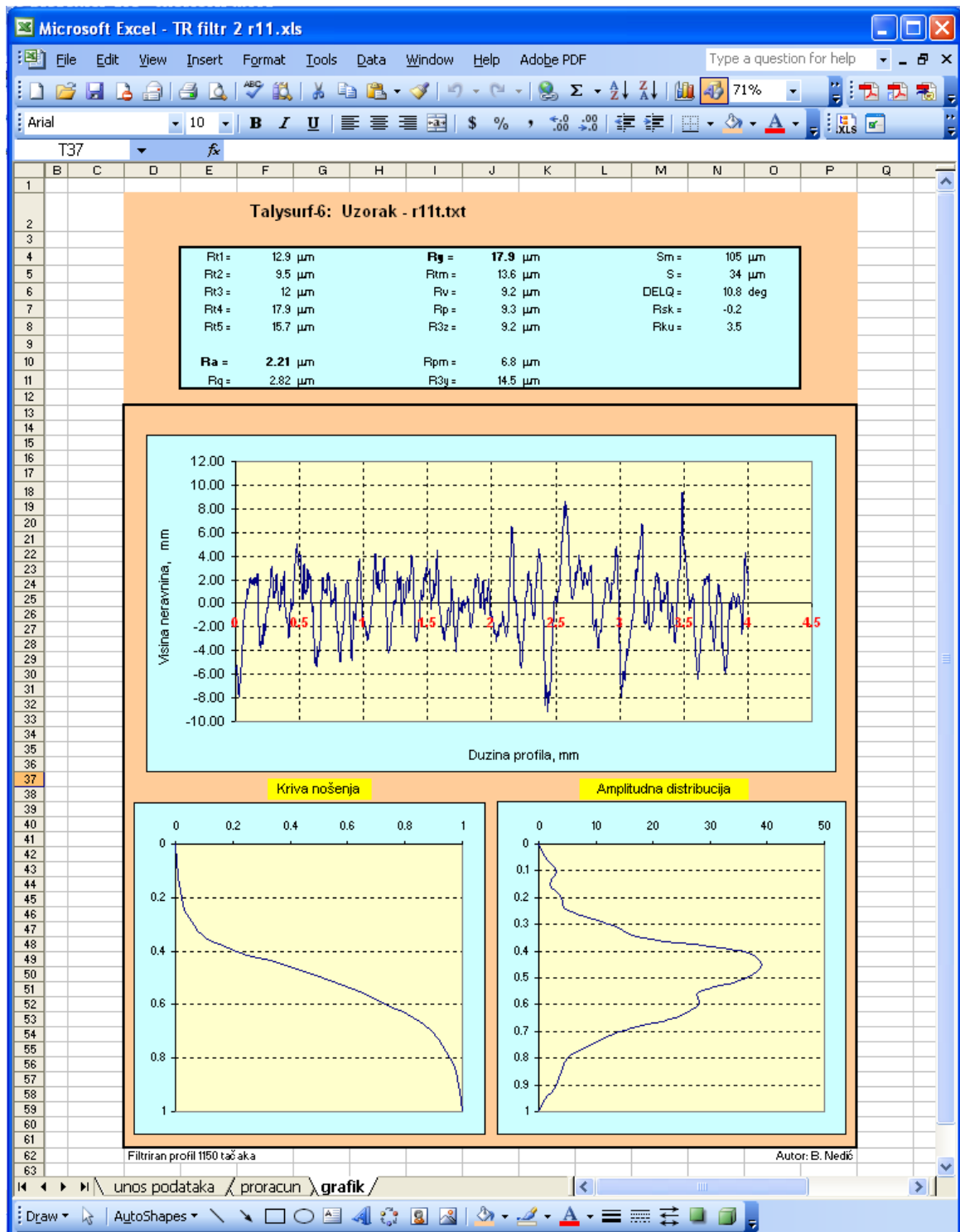
Пример коначног извештаја је приказан на слици 4.14.

У одговарајућој табели се налазе параметри топографије површине. На основу аутоматског избора размера у одговарајућем простору нацртани су профил топографије површине, крива ношења и крива амплитудне дистрибуције.

Уколико је потребна даља анализа података који дефинишу профил топографије површине и прорачун других параметара топографије, могу се користити подаци из претходно добијених и описаних колона, као и цртање профила у другим програмима.

Коначни извештај се може у виду *.pdf документа сачувати ради документације о мерењу или као *.xls фајл ради даљег коришћења.

Ради обраде података из других датотека није потребно ново учитавање по поступку који је описа (слике 4.10, 4.11 и 4.12) већ је довољно помоћу команде *Refresh Data* само заменити учитану датотеку новом.



Слика 4.14. Коначни изглед извештаја

4.2. Софтверско решење за мерење топографије површине помоћу старих мерних уређаја

Претходно приказано софтверско решење се односи на учитавање сигнала, односно података са мерног уређаја *Talysurf-6*. Међутим, велики број предузећа и других установа има мерне уређаје који немају приказане могућности *Talysurf-6*. У овом случају неопходно је сигнал са мерног уређаја помоћу *AD* конвертора учитати у рачунат и извршити одговарајуће прорачуне.

Идеја и разлози за проширење могућности софтвера су произашли из потребе да се прошире могућности великог броја мерних уређаја старијих генерација који нису ни на који начин повезани ни са каквим типом рачунара и чији резултати мерења се читавају на индикатору са скалом или штампају на папирној траци. Профил површине се код ових уређаја најчешће штампа на термоотпорном папиру, слика 4.15. За израду софтверске апликације искоришћен је мерни уређај *Tester-P1* фирме *Hommel Werke*.



Слика 4.15 Мерни уређај *Tester-P1* са писачем

Уместо писача овај мерни уређај је повезан преко *AD* конвертора са рачунаром. Помоћу софтвера *LabView* направљена је апликација приказана на слици 4.16. На слици 4.17 је приказан мерни уређај. Основни разлог за израду софтверске апликације и повезивање овог мерног уређаја са рачунаром је што је овај уређај један од најстаријих уређаја, својевремено је био најзаступљенији. Развој, тестирање и потврда техничког решења на овом уређају обезбеђује гаранцију да се софтверско решење може применити на било који други мерни уређај новијег датума.

Већим бројем мерења одређена је брзина померања мерне игле. Утврђено је да игла пут од 10 мм пређе за 25 секунди, односно брзина њеног кретања је 0,4 мм/с.

Овај податак омогућује да се за усвојену укупну референтну дужину оцењивања профила топографије површине одреди учестаност (фреквенција) читавања сигнала са мерне игле. Пример: за референтну дужину 4 мм и број тачака 1150, учестаност је 115 Hz, односно време за које мерна игла пређе пут од 4 мм је 10 секунди.



Слика 4.16. Мерни уређај Tester-P1 повезан са рачунаром помоћу АД конвертора



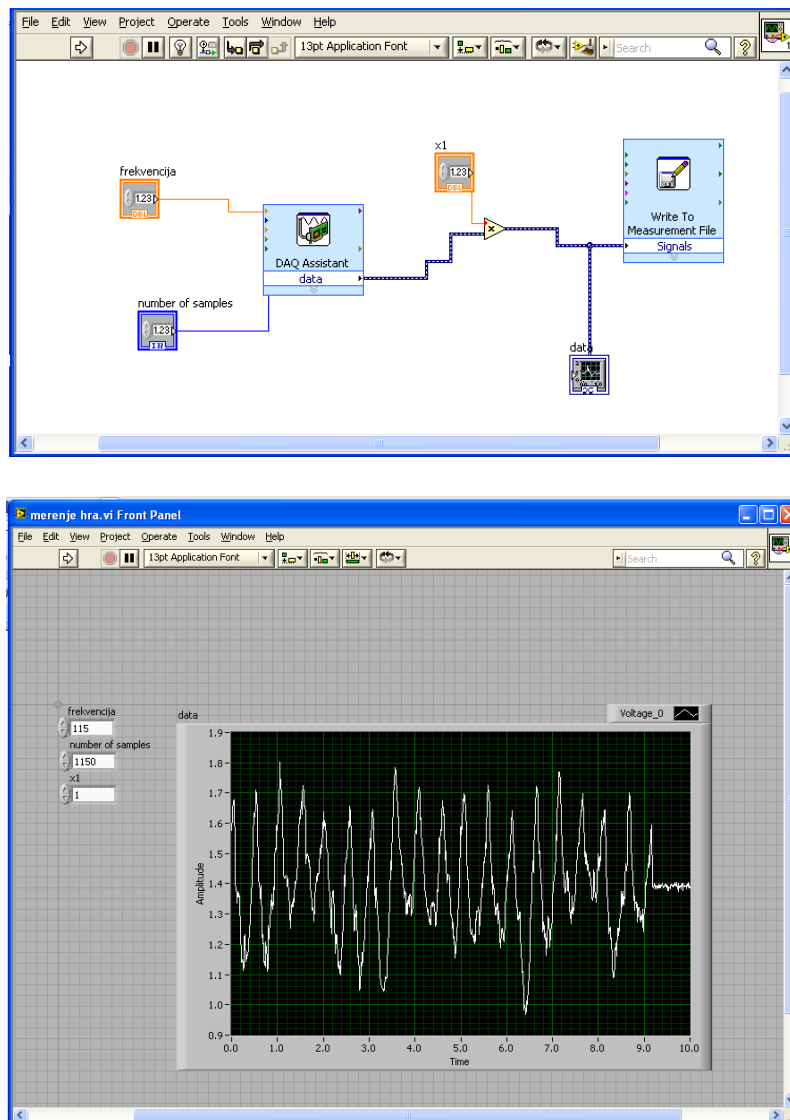
Слика 4.17 Мерни уређај Tester-P1 фирме Hommel Werke са мерном иглом

Користећи апликацију реализовану помоћу *LabView* приказану на слици 4.18, добија се датотека са нумеричким низом од 1150 тачака која садржи податке о висини профила који одговарају укупној референтној дужини од 4 мм, слика 4.19.

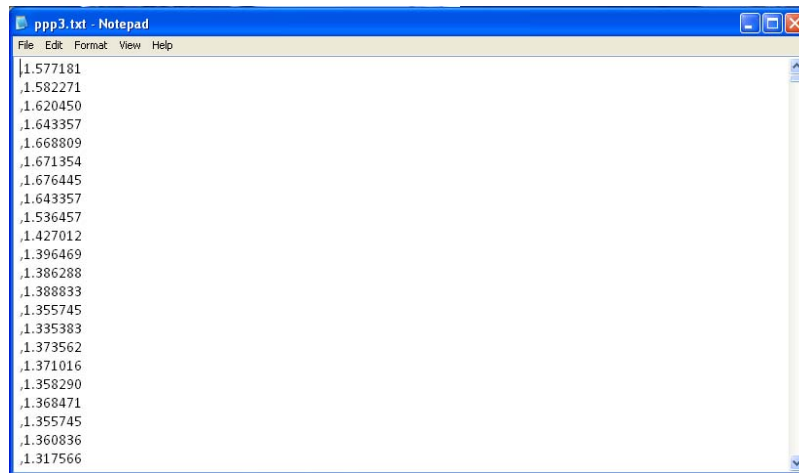
За даљу обраду ове датотеке искоришћено је исто софтверско решење као при обради сигнала, односно датотеке добијене од *Talysurf-6* са одговарајућим софтверским проширењима.

Након учитавања ове датотеке (врши се на исти начин као и датотека добијене од *Talysurf-6*) неопходно је унети укупну референтну дужину (нпр. 4 мм).

Великим бројем мерења различитих мерних еталона храпавости површина са различитим висинама неравна, при непромењеним заузетим параметрима на мерном уређају констатовано је да је коефицијент размене 1:25, односно да добијене нумеричке вредности сигнала са мерне игле и *AD* конвертора треба помножити са 25. Ово се може урадити у апликацији у *LabView*, али код овог реализованог техничког решења то се врши у софтверској апликацији у *Microsoft Excel*. То омогућује да се за други мерни уређај унесе друга вредност.



Слика 4.18. Апликација у *LabView*



Слика 4.19. Низ бројева - датотека добијена мерењем са мерним уређајем *Tester-PI* фирме *Hommel Werke*

Након учитавања података реализованим проширеним софтверским решењем омогућено је:

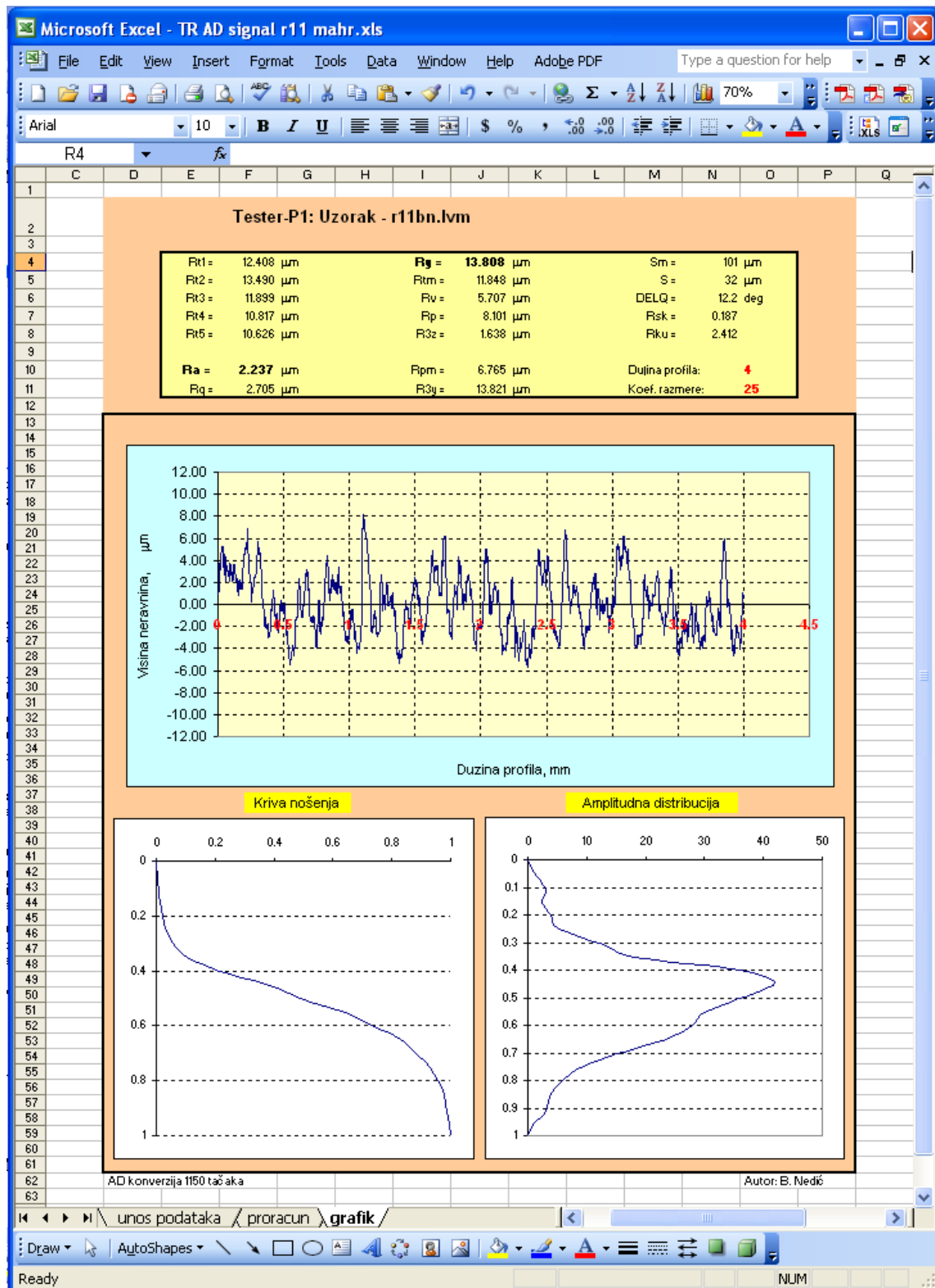
- аутоматско множење нумеричких вредности учитаних тачака профила површине са коефицијентом размере.
- аутоматско одређивање положаја средње линије профила и генерисање коначних вредности тачака профила у одговарајућој колони,
- аутоматско генерисање колоне са вредностима тачака на *x*-оси графика профила, на основу унете укупне референтне дужине профила и подела ове дужине на 5 појединачних референтних дужина.
- аутоматско израчунавање параметара топографије површине према познатим изразима. Израчунавају се исти параметри које даје и мерни уређај *Talysurf-6*.
- аутоматско израчунавање тачака које дефинишу криву ношења и криву амплитудне дистрибуције и креирање одговарајућих колона.
- аутоматско креирање коначног извештаја мерења. Коначни извештај је идентичан као и при обради сигнала, односно датотеке добијене од мерног уређаја *Talysurf-6*.

Пример коначног извештаја је приказан на слици 4.20.

У одговарајућој табели се налазе параметри топографије површине. На основу аутоматског избора размера у одговарајућем простору нацртани су профил топографије површине, крива ношења и крива амплитудне дистрибуције.

Уколико је потребна даља анализа података који дефинишу профил топографије површине и прорачун других параметара топографије, могу се користити подаци из претходно добијених и описаних колона, као и цртање профила у другим програмима. Такође, могућа је фреквенција учитавања многу већег броја тачака на линији оцењивања профила и тиме прорачун и других комплексних параметара профила.

Коначни извештај се може у виду *.pdf документа сачувати ради документације о мерењу или као *.xls фајл ради даљег коришћења.



Слика 4.20. Коначни изглед извештаја

5. Литература

1. Nedić B., Đorđević Z., Karović D., Extension of possibilities for application of the measuring system Talysurf-6 for analysis of surface micro geometry by connection to the computer, Balkantrib '93, Sofia, Bulgaria, 1993., pp. 640-646.
2. Vasiljević B., Nedić B., Modifikovanje površina, osnovne tehnologije modifikovanja, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2003.
3. Vasiljević B., Identifikacija topografije obrađenih površina laserom, Jugoslovensko društvo za tribologiju, Kragujevac, 1995.
4. Brochure "Surface Texture Parameters", Taylor Hobson, 2005.
5. Brochure "Talystep service manual - special system for P.O.F", Taylor Hobson, 2001.

16.12.2014.

01-1/4329

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1/3826-22 од 20.11.2014. год. именовани смо за рецензенте техничког решења "Софтвер за анализу сигнала и прорачун параметара топографије површина" аутора др Богдана Недића, редовног професора и др Слободана Митровића, ванредног професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. На основу документованог предлога овог техничког решења подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење "Софтвер за анализу сигнала и прорачун параметара топографије површина" аутора др Богдана Недића, редовног професора и др Слободана Митровића, ванредног професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, реализовано 2014. године, приказано је на 22 стране формата А4, писаних *12 pt Times New Roman* фонтом, сингл проредом, садржи 20 слика и једну табелу. Предлог техничког решења садржи, поред уводних података, следећа поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем.
2. Стање решености проблема у свету- приказ и анализа постојећих решења,
3. Суштина техничког решења,
4. Детаљан опис техничког решења,
5. Литература.

Техничко решење припада области Пројектовање и развој софтвера (према међународној класификацији роба и услуга, класа 42).

У оквиру првог поглавља аутори описују мерне уређаје за мерење топографије површина и њихове карактеристике. Посебан акценат је дат опису мерних уређаја који се налазе на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу и проблемима њиховог коришћења. Поред тога дат је осврт на стање ових мерних уређаја код наше металоперађивачке индустрије и могућност, односно немогућност савременог коришћења. Детаљно је описано коришћење уређаја *Talysurf-6* којим Факултет располаже и проблеми произашли немогућношћу савремене употребе овог мерног компјутеризованог система.

У другом поглављу је констатовано да се на тржишту не налазе готови софтвери који би омогућили ревитализацију постојеће мерне опреме како на факултету тако и код многих предузећа. Постојећи софтвери су намењени не само за прорачуне

параметара топографије и приказ профила површина већ и за управљање конкретним мерним уређајима.

У трећем поглављу описана је суштина техничког решења. Софтверско решење омогућује примену на мерном уређају *Talysurf-6* којим Факултет располаже, а такође и на свим другим мерним уређајима старије генерације. Код овог техничког решења сигнал који рачунар мерног уређаја *Talysurf-6* шаље штампачу се учитава у персонални рачунар помоћу програма *SerialPort Terminal*, формира се датотека која се даље учитава у апликацију креирану у *Microsoft Office Excel* софтверу. Са друге стране, код других мерних уређаја сигнал са мерне главе се помоћу *AD* конверзије уноси у рачунар и формира се друга датотека. Реализованим техничким решењем подаци из датотека се користе за прорачун параметара топографије површина и графички приказ профила површине. на овај начин постојећи мерни уређаји постају добијају карактеристике савремених мерних уређаја.

У оквиру четвртог поглавља детаљно је дат опис развијеног софтвера, његовог коришћења и карактеристика. Посебно је описан развој софтверског решења за примену на мерном уређају *Talysurf 6* фирме *Taylor Hobson*, а посебно на старом мерном уређају *Tester-P1* фирме *Hommel Werke*. И у једном и другом случају крајњи резултат је графички приказ профила топографије површине, израчунати параметри топографије површине, крива ношења и крива амплитудне дистрибуције.

На конкретном примеру приказани су извештаји о мерењима истог узорка на различитим мерним уређајима.

На крају пријаве техничког решења дат је приказ коришћене литературе.

Из приложених примера види се да техничко решење има примену у индустрији и научноистраживачком раду. Предложено техничко решење је верификовано у израдом великог броја дипломских радова, магистарских радова и докторских дисертација, израдом многих пројеката и објављених радова у часописима и на научним конференцијама.

МИШЉЕЊЕ

Техничко решење "Софтвер за анализу сигнала и прорачун параметара топографије површина" аутора др Богдана Недића, редовног професора и др Слободана Митровића, ванредног професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, је документовано јасно и прегледно. Детаљно је приказана и теоријски обрађена комплетна структура техничког решења. Приказано софтверско решење,

у области примењене информатике, је потпуно оригинално, научно верификовано и успешно изведено од идеје до конкретне реализације и може имати значајно место у примени, па стога са задовољством предлажемо Наставио научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу да се прихвати као ново техничко решење, класа М85, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживања. ("Сл. Гласник РС", бр. 38/2008).

16.12.2014.

Крагујевац



Др Миодраг Лазић, ред. проф.

Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу

Научна област: Производно машинство,
Индустријски инжењеринг



Др Милан Ерић, ванр. проф.

Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу

Научна област: Производно машинство,
Индустријски инжењеринг



Др Јасна Радуловић, ред. проф

Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу

Научна област: Аутоматика и мехатроника,
Примењена информатика и рачунарско инжењерство



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
Факултет инжењерских наука
Број: ТР-81/2014
18. 12. 2014. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Факултета инжењерских наука у Крагујевцу на својој седници од 18. 12. 2014. године на основу члана 205. Статута Факултета инжењерских наука, донело је

ОДЛУКУ

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „Софтвер за анализу сигнала и прорачун параметара топографије површина“, аутора др **Богдана Недића**, редовног професора и др **Слободана Митровића**, ванредног професора.

Решење припада класи **М85**, према класификацији из Правилника о поступку, начину вредновању, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Сл. Гласник РС“ - бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Миодраг Лазић**, ред. проф., Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг,
2. **Др Милан Ерић**, ванр. проф., Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг,
3. **Др Јасна Радуловић**, ред. проф., Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Аутоматика и мехатроника, Примењена информатика и рачунарско инжењерство.

Достављено:

- Ауторима
- Архиви



ДЕКАН ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Др Мирослав Живковић, редовни професор