

Երևանի Պետական Համալսարան

Ֆիզիկայի ֆակուլտետ

Միջուկային ֆիզիկայի ամբիոն

Կուրսային աշխատանք

Թեմա: Երկրորդական տիեզերական ճառագայթների  
բազմամուտքանի գրանցիչների չափողականական  
անալիզ

Ղեկավար՝ Աշոտ Զիլինգարյան

Ուսանող՝ Արմեն Հովհաննիսյան

# Բովանդակություն

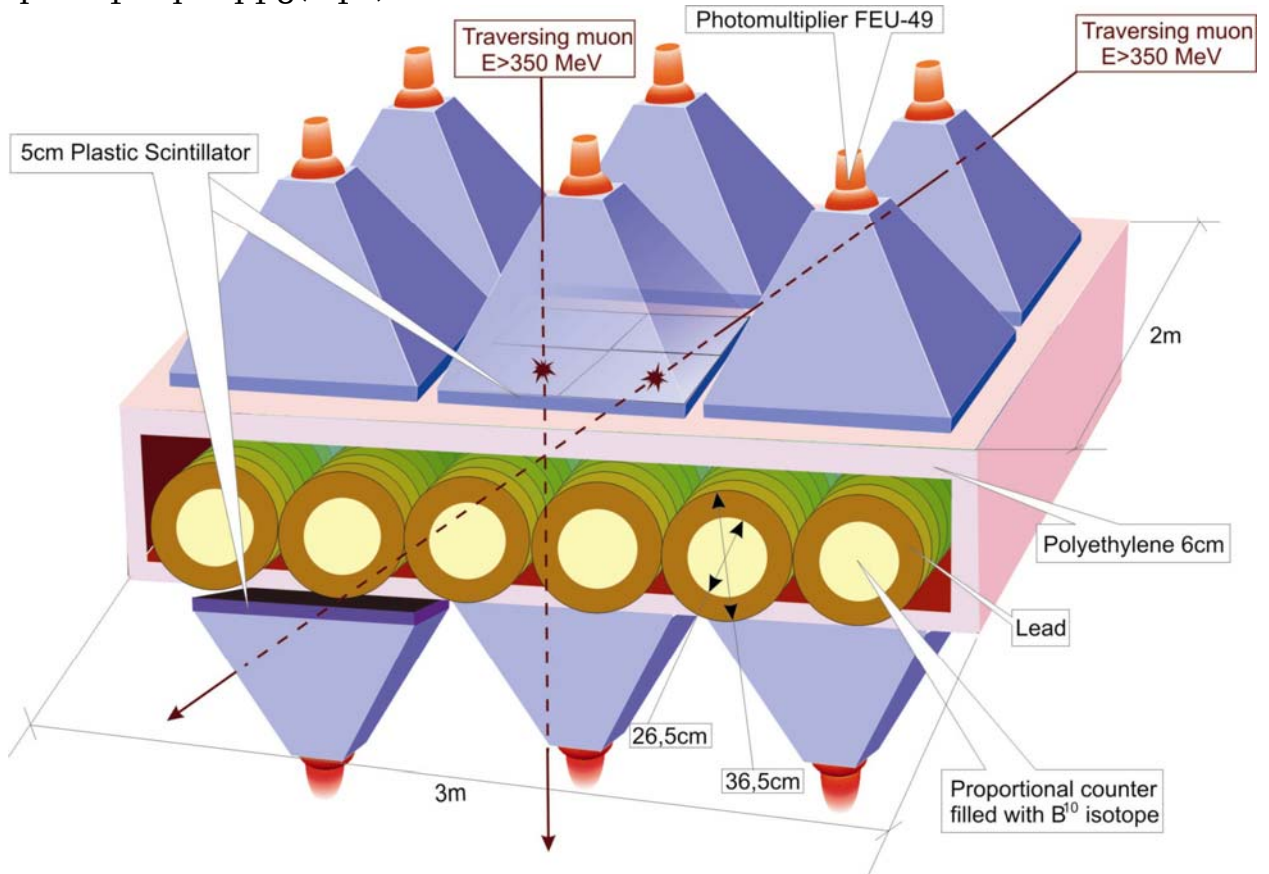
- Ներածություն
- Նոր-Ամբերդի Նեյտրոնային Մոնիտորի կառուցվածքը և աշխատանքը
- Չափողականական անալիզի տեխնիկան
- Հաշվումների արդյունքները
- Եզրակացություն

## Ներածություն

Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտը ունի տիեզերական ճառագայթների գրանցիչ սարքեր երկու կայաններում՝ Նոր-Ամբերդում և Արագածում: Այս աշխատանքում ես ուսումնասիրել եմ Նոր-Ամբերդի Նեյտրոնային Մոնիտորի աշխատանքը: Այս սարքը բաղկացած է 3 սեկցիայից, որոնցից յուրաքանչյուրը իր մեջ ներառում է 6 գրանցիչ: Գրանցիչների վերևում գտնվող կապարի պատճառով հարևան դետեկտորների գրանցած տվյալների միջև կա շատ թույլ գծային կապ: Այս աշխատանքում մենք կփորձենք այդ գծային կապը բնութագրել ֆրակտալ չափողականությամբ:

## Նոր-Ամբերդի Նեյտրոնային Մոնիտորի Կառուցվածքը և Աշխատանքը

Ինչպես արդեն ասվեց, Նոր-Ամբերդի Նեյտրոնային Մոնիտորի յուրաքանչյուր սեկցիան բաղկացած է 6 դետեկտորներից(նկ.1):



Նկ. 1 Նոր-Ամբերդի Նեյտրոնային Մոնիտորի Կառուցվածքը:

Դետեկտորները իրենցից ներկայացնում են խողովակներ, որոնք լցված են բորի իզոտոպով: Խողովակների մեջտեղով անցնում է լար, որի և խողովակի պատերի միջև կա էլեկտրական դաշտ: Դետեկտորները գտնվում են ճամ հաստությամբ կապարի տակ: Ջերմային նեյտրոնը, անցնելով գազի միջով, փոխազդում է վերջինիս հետ՝ ծնելով ալֆա-մասնիկ: Ալֆա-մասնիկը դաշտի ազդեցությամբ շարժվում է դեպի դրական լիցքավորված լարը, և հասնելով նրան, իմպուլս է տալիս, որը և գրանցվում է: Բարձր էներգիայի պրոտոնները և նեյտրոնները, փոխազդելով կապարի հետ, ծնում են երկրորդական մասնիկներ, այդ թվում նեյտրոններ: Փաստորեն մի մասնիկը կարող է առաջացնել երկրորդական մասնիկների հեղեղ, որոնք կարող են գրանցվել իրար մոտ գտնվող հարևան դետեկտորներում: Իրոք եթե մենք հաշվենք 18 դետեկտորների համար կոռելիացիոն մատրիցան, մենք կտեսնենք, որ

հարևան դետեկտորների կորելիացիայի գործակիցը ավելի մեծ է, քան իրարից ավելի հեռու գտնվողներին: Ստորև բերում են կոռելիացիոն մատրիցան, որը հաշվվել է ինչ–որ հանգիստ, այսինքն առանց որևէ դեպքերի օրվա համար:

Det	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	100	26	8	8	6	1	2	1	1	2	3	2	-2	3	-7	-3	1	6
2	26	100	22	6	6	0	4	3	-1	-1	2	2	3	2	-3	-3	3	5
3	8	22	100	26	14	3	6	5	10	7	7	8	-2	-1	-2	-4	2	2
4	8	6	26	100	28	6	2	5	0	1	3	3	3	5	-5	-5	0	6
5	6	6	14	28	100	29	9	8	8	5	-1	1	6	7	-9	-9	4	8
6	1	0	3	6	29	100	5	5	3	1	1	3	3	5	-14	-13	1	3
7	2	4	6	2	9	5	100	26	9	6	4	5	2	5	-6	-3	4	4
8	1	3	5	5	8	5	26	100	22	8	6	4	4	2	-8	-8	2	4
9	1	-1	10	0	8	3	9	22	100	27	6	11	0	-1	-6	-7	2	0
10	2	-1	7	1	5	1	6	8	27	100	7	22	2	0	-7	-4	0	1
11	3	2	7	3	-1	1	4	6	6	7	100	24	0	3	-6	-4	1	0
12	2	2	8	3	1	3	5	4	11	22	24	100	-2	-4	-5	-2	4	4
13	-2	3	-2	3	6	3	2	4	0	2	0	-2	100	21	7	9	-1	0
14	3	2	-1	5	7	5	5	2	-1	0	3	-4	21	100	-2	9	2	-3
15	-7	-3	-2	-5	-9	-14	-6	-8	-6	-7	-6	-5	7	-2	100	82	-1	4
16	-3	-3	-4	-5	-9	-13	-3	-8	-7	-4	-4	-2	9	9	82	100	2	2
17	1	3	2	0	4	1	4	2	2	0	1	4	-1	2	-1	2	100	23
18	6	5	2	6	8	3	4	4	0	1	0	4	0	-3	4	2	23	100

Աղյուսակ 1 Կոռելյացիոն Մատրիցա, %-ներով:

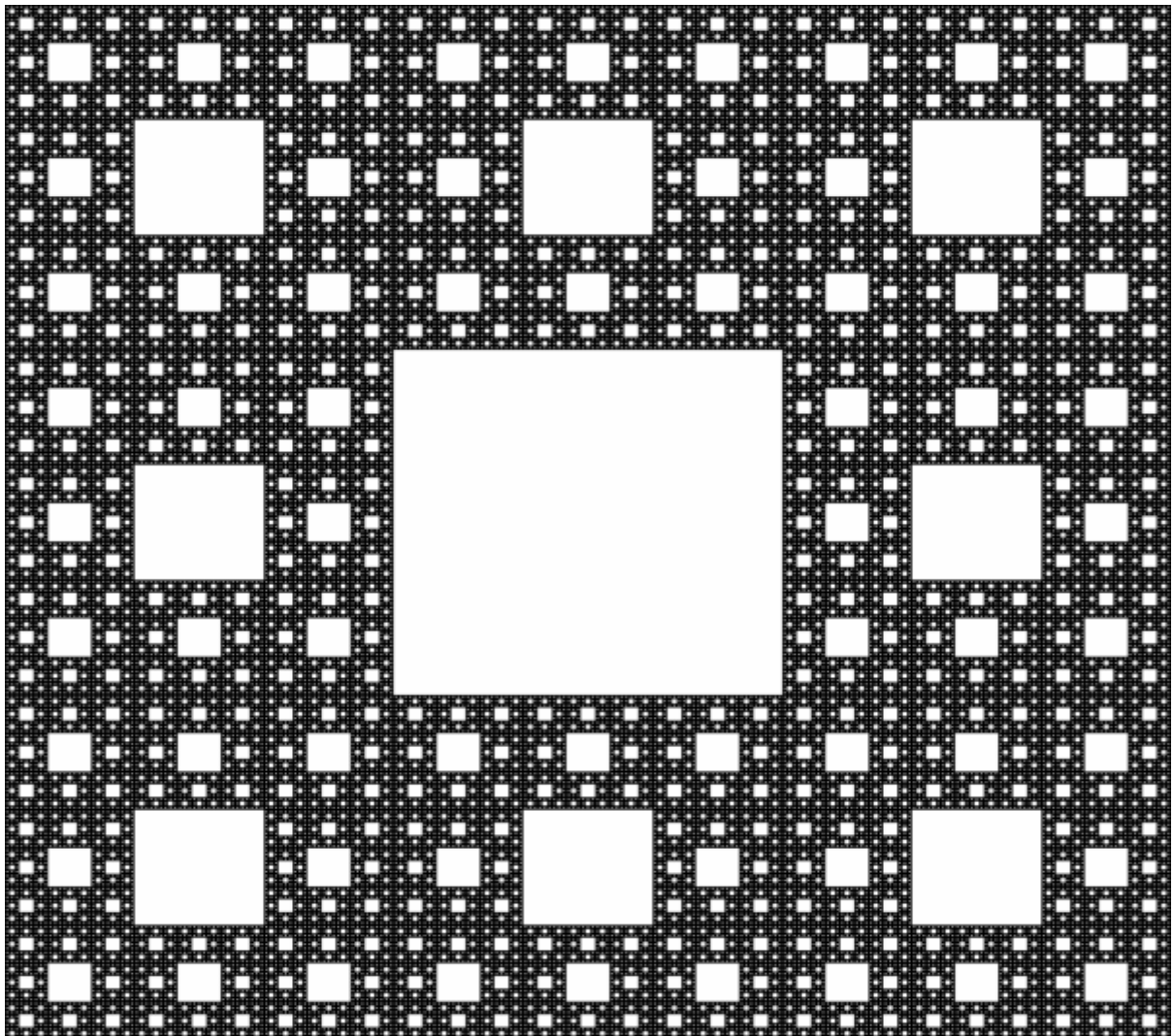
Ինչպես երևում է աղյուսակ 1–ից, մեր ենթադրությունը, որ հարևան դետեկտորների միջև պետք է գծային կապ լինի, ճիշտ է: Այժմ մենք կփորձենք այդ կապն արտահայտել այլ մեծությամբ՝ ֆրակտալ չափողականությամբ:

## Չափողականական անալիզի տեխնիկան

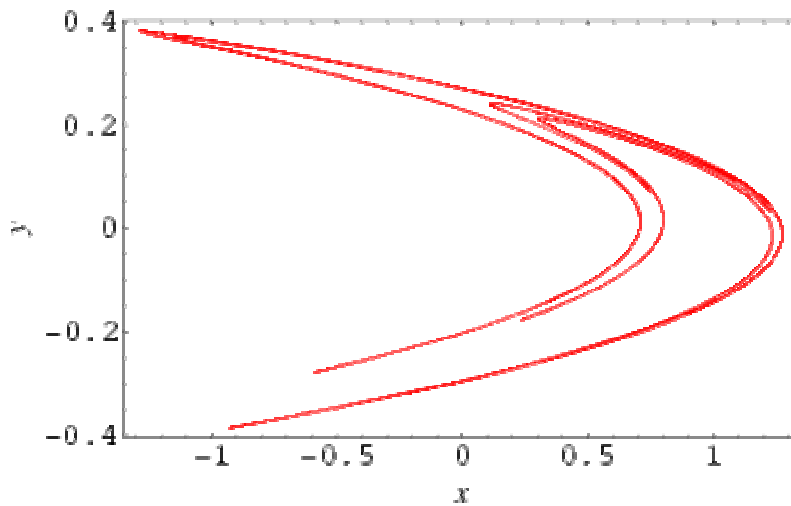
Բնության մեջ շատ օբյեկտներ և երևույթներ օժտված են ինքնանմանությամբ: Դա նշանակում է, որ այդ օբյեկտը բաղկացած է մասերից, որոնց ինչ-որ հատկությունը նույնն է, ինչ որ սկզբնական օբյեկտի մոտ, ուղղակի մասշտաբն է ուրիշ: Ինքնանման օբյեկտների համար սահմանվում է ֆրակտալ չափողականություն հասկացությունը հետևյալ հավասարմամբ[1]:

$$-\frac{\ln(N(l))}{\ln(l)} \xrightarrow{l \rightarrow 0} d_F \quad (1):$$

Այստեղ  $N(l)$ -ը  $l$ -մասշտաբով ինքնանման պատկերների քանակն է, իսկ  $d_F$ -ը՝ ֆրակտալ չափողականությունը: Ինքնանման պատկերի օրինակներ են Սիերպինսկիի կարպետը(նկ.2) և Հենոնի քարտեզը(նկ.3):



Նկ.2 Սիերպինսկիի կարպետը:



Նկ.3 Հենոնի քարտեզը:

Ֆրակտալ չափողականություն կարելի է հաշվել նաև ինչ որ կետերի բազմության համար, որոնք նկարագրում են ինչ-որ ինքնանման պրոցես կամ օբյեկտ: Այս դեպքում հաշվելու համար օգտագործվում է կետերի բաշխման ֆունկցիայի որոշման KNN (K մոտակա հարևաններ) մեթոդը:

$$\rho_k(x_i) = \frac{k}{MV_k(x_i)} \quad (2):$$

Այստեղ  $M$ -ը կետերի քանակն է, իսկ  $V_k(x_i)$ -ը  $d$ -չափանի սֆերայի ծավալն է, որը պարունակում է  $x_i$ -ին մոտ  $k$  հարևաններ: Այդ ծավալը կարելի է որոշել հետևյալ կերպ՝

$$V_k(x_i) = V_d R_k^d, \quad V_d = \frac{\pi^{d/2}}{\Gamma(d/2 + 1)} \quad (3):$$

Այստեղ  $R_k^d$ -ն հեռավորությունն է դեպի  $k$ -րդ հարևանը, իսկ  $\Gamma(z)$ -ը գամմա ֆունկցիան է: (2) և (3) հավասարումներից ստացվում է հետևյալ հավասարումը՝

$$\ln R_k(x_i) = \frac{1}{d} \ln k + \ln [MV_d \rho_k(x_i)]^{-1/d} \quad (4):$$

Այս հավասարումը ճշգրիտ չի լուծվում, սակայն համարելով  $R$ -ը շատ փոքր և  $M$ -ը շատ մեծ, որոշ ձևափոխություններից հետո կստանանք հետևյալը՝

$$\ln G_{k,d} + \ln \overline{R}_k = \frac{1}{d} \ln k + \text{CONSTANT} \quad (5):$$

$$G_{k,d} = \frac{k^{1/d} \Gamma(k)}{\Gamma(k + 1/d)} \quad (6):$$

(5) և (6) հավասարումները լուծվում են մոտավոր իտեռացիոն եղանակով: Սկզբից  $G_{k,d}$ -ն համարում ենք 0, դա տեղադրում ենք (5)-ի մեջ և որոշում  $d$  չափողականությունը: Ստացված արժեքը տեղադրում ենք (6)-ի մեջ և որոշում  $G_{k,d}$ -ն, և այսպես մինչև չափողականությունը դառնա համարյա հաստատուն: Այս ձևով մենք կորոշենք չափողականությունը մեր ուզած ճշտությամբ: Այս մեթոդը, որն իրականացված է ANI ծրագրային փաթեթում[2], հաշվում է այսպես կոչված գլոբալ չափողականությունը, այսինքն կետերի ողջ բազմությունը նկարագրում է 1 թվով: Այժմ մենք կփորձենք տեսնել, արդյոք կարող ենք Նեյտրոնային Մոնիտորի հարևան դետեկտորների կախվածությունը նկարագրել ֆրակտալ չափողականությամբ:



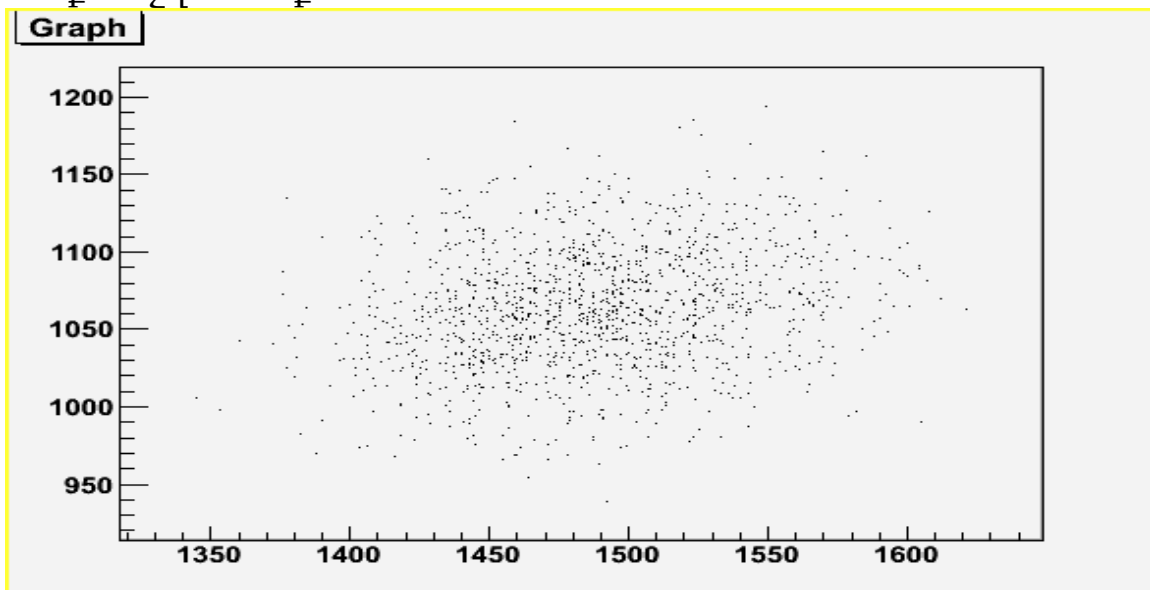
## Հաշվումների արդյունքները

Ես վերցրել եմ Նոր-Ամբերդի Նեյտրոնային Մոնիտորի 2 օրվա տվյալներ: Առաջինը հանգիստ, առանց դեպքերի օր էր, մյուսը՝ 2003 թվականի հոկտեմբերի 28-ի Ֆորբուշի նվազման ժամանակ էր: Հաշվել եմ այդ օրերին հարևան դետեկտորների չափողականությունների միջինը, ինչպես նաև ոչ հարևաններինը: Ահա արդյունքները՝

	Հանգիստ Օր	Ֆորբուշի նվազում
Հարևան Չափ.	<b>2.046</b>	<b>2.045</b>
Հեռու Չափ.	<b>2.048</b>	<b>2.051</b>
Հարևան կոռելիացիա	<b>0.168</b>	<b>0.9996</b>
Հեռու կոռելիացիա	<b>0.107</b>	<b>0.9996</b>

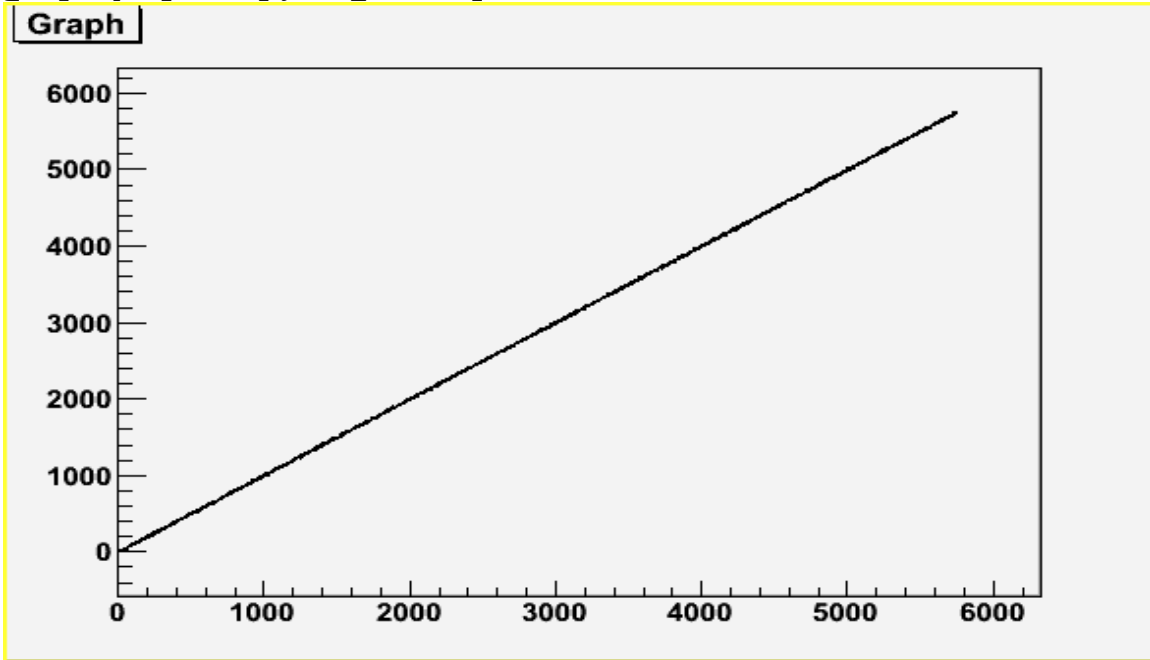
Աղյուսակ 2 ՆԱՆՄ-ի չափողականությունները:

Ինչպես երևում է աղյուսակից, թե հանգիստ ժամանակ, թե Ֆորբուշի նվազման ժամանակ չափողականության տարբերություն չի նկատվում իրարից հեռու և մոտ դետեկտորների մոտ, չնայած կոռելիացիան զգալի տարբերվում է: Նկ. 4-ում այն պատկերն է, որը ստացվում է, եթե մի առանցքի վրա դնենք մի դետեկտորի տվյալները, իսկ մյուսի վրա՝ երկրորդինը: Այդ պատկերի չափողականությունն էլ մենք հաշվում ենք:

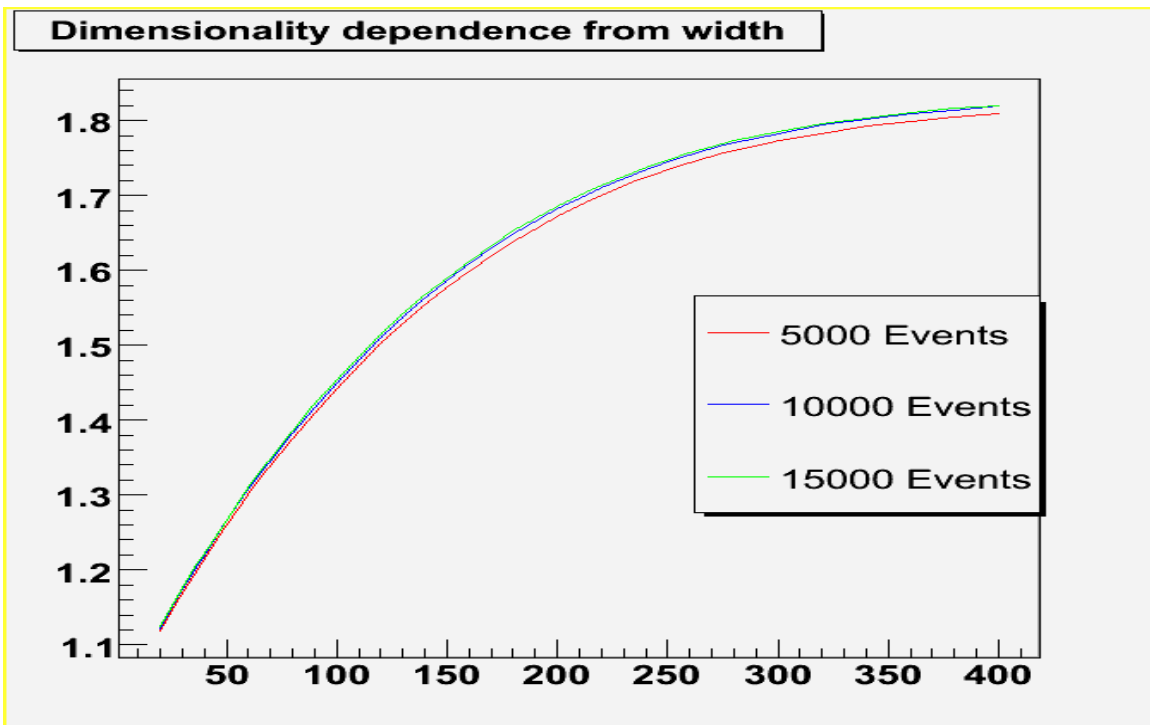


Նկ. 4 Հանգիստ օրվա 2 դետեկտորների պատկերը:

Փաստորեն Նկ. 4-ի պատկերում կոռելիացիան ցույց է տալիս, վոր գծային կապ կա, իսկ չափողականությունը՝ ոչ, քանի որ այն 2-ի մոտ էր: Այն գծայնությունը ցույց կտար, եթե 2-ից պակաս լիներ: Որպեսզի տեսնենք, թե ինչպիսի պատկերների դեպքում է չափողականությունը 1-ին մոտ, ես գեներացրել եմ պատահական թվերի 2 բազմություն այնպես, վոր նրանց պատկերը ուղիղ գծին մոտ լինի՝ ելնելով այն բանից, որ գծի չափողականությունը 1 է(Նկ. 5):



Նկ. 5 Մոդելավորված պատկերը:



Նկ. 6 Չափողականության կախվածությունը գծի հաստությունից և կետերի քանակից:

Այնուհետև փոփոխելով գծի հաստությունը և չափելով չափողականությունները, ստացել եմ նկ. 6–ի գրաֆիկը: Նկարից երևում է, որ նույնիսկ ուղիղ գծի դեպքում հաստությունը քիչ փոխելիս (քիչ նշանակում է, որ կոռելիցիայի գործակիցը 1 է մնում) չափողականությունը արագ մեծանում է: Այսինքն եթե նույնիսկ ուղիղ գծի դեպքում, երբ կոռելիացիան 1 է, չափողականությունը մեծ է, ապա իրական տվյալների պատկերի (նկ. 4) համար մենք այդ թույլ կապը չափողականությամբ չենք տեսնի:

## Եզրակացություն

Այս աշխատանքում ես ուսումնասիրել եմ ՆԱՆՄ-ի դետեկտորների միջև գծային կապը: Ուսումնասիրել եմ տվյալների անալիզի նոր մեթոդ՝ չափողականական անալիզ: Փորձել եմ ֆրակտալ չափողականությամբ բնութագրել դետեկտորների միջև կապը, և համաձայն մոդելավորված տվյալների և նկ. 6-ի գրաֆիկի եկել եմ այն եզրակացության, որ այս մեթոդը կիրառելի չէ տվյալ խնդրի համար:

## Գրականություն

- [1] A.A. Chilingaryan, Dimensionality Analysis of Multiparticle Production at High Energies
- [2] Program Package ANI(Analysis and Non-Parametric Inference),  
<http://crdlx5.yerphi.am/PROJECTS/adds/download.htm>