

Цөмийн урвалын өгөгдлийн сан нутагшуулж буй ажлын эхний зарим үр дүн

А.Төрсүх*, М.Одсүрэн, Г.Хүүхэнхүү, Ж.Мөнхсайхан, Ч.Сайханбаяр, Н.Батцоож
Цөмийн өгөгдөлзүйн салбар, Цөмийн физикийн судалгааны төв,
Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар 13330, Монгол улс

Цөмийн физикийн судалгаа үүссэнээс хойших 100 гаруй жилийн хугацаанд цөмийн бүтэц, урвалын талаар маш олон өгөгдөл, мэдээлэл хуримтлагджээ. Дэлхийн судалгааны лабораториудад янз бүрийн аргаар гарган авсан өгөгдлүүд хоорондоо ихээхэн зөрөх явдал элбэг байдаг. Иймээс, энэ олон өгөгдлүүдээс өөрт хэрэгтэйг олж авах, аль нь үнэн зөв болохыг тогтоох нь хэрэглэгчид ихээхэн төвөг учруулдаг. Цөмийн эрчим хүч, цөмийн технологийг ашиглаж буй ихэнх орнууд өөрсдийн цөмийн өгөгдлийн сантай байдаг бөгөөд тэндээсээ хэрэглэгчдээ найдвартай мэдээллээр хангаж байдаг. Манай улсад цөмийн цацраг, технологийг анагаах ухаан, геологи хайгуул, уул уурхайн үйлдвэрлэл зэрэгт нэвтрүүлэхтэй холбоотойгоор цөмийн өгөгдөл, мэдээллийг хэрэглэгчдийн тоо, эрэлт хэрэгцээ улам өсч байна. Гэвч манайд цөмийн өгөгдөл, мэдээллийн нэгдсэн сан байхгүй учир мэдээллээр гачигдаж, үнэн зөв мэдээлэл олж авахад бэрхшээл учирч байна. Иймээс бид ОУАЭА-ийн EXFOR санд байгаа цөмийн урвалын өгөгдлүүдийн 22579 файл буюу 22579 удаагийн туршилтын мэдээллийг R хэлний орчинд бичигдсэн программын тусламжтайгаар нейтроноор, гамма-квантаар, хөнгөн ба хүнд ионоор явагдах урвалууд гэж ашиглахад эвтэй байдлаар 4 ангилан МУИС-ийн ЦФСТ-ийн компьютерийн “MINATO SERVER”-т байршуулав. Ингэж ангилсан өгөгдлүүдээ цаашид хэрхэн ашиглахын жишээ болгож (n, α) , (n, p) , (n, t) , $(n, 2n)$ болон (γ, n) урвалуудын огтлолын утгуудад системчилсэн анализ хийж, тодорхой зүй тогтлууд байгааг харуулав. Ажиглагдсан зүй тогтлуудыг цөмийн урвалын загвар, механизмуудын тусламжтайгаар тайлбарласан зарим үр дүнг үзүүлэв.

PACS numbers: 29.87.+g, 29.85.Ca, 29.85.Fj

I. ОРШИЛ

Англиар “data”, Оросоор “данные” гэдгийг бид Монгол хэлнээ “өгөгдөл” гэж орчуулан хэрэглэж нэгэнт хэвшжээ. Өгөгдөл нь байгаль, нийгэм дэх аливаа үзэгдэл юмсын тухай тоо баримт бөгөөд мөн чанараараа зөвхөн “түүхий эд” юм. Энэ түүхий эдэд боловсруулалт хийснээр ашигтай мэдээлэл болдог. 2016 онд IBM компанийн гаргасан судалгаагаар хүн төрөлхтний нийт өгөгдлийн 90 % нь сүүлийн хоёрхон жилд буй болсон гэжээ. Орчин үед бараг хүн бүр контент бүтээгч болж, интернет, нийгмийн сүлжээгээр асар их өгөгдөл, мэдээлэл дэлхий даяар хил хязгааргүй тархаж, хүн төрөлхтөн өгөгдөл, мэдээллийн ёроолгүй далайд живж байна. Өнгөцхөндөө энэ байдал нь хүний нийгмийн цаашдын хөгжил ирээдүйд сөрөг нөлөөтэй ч юм шиг харагдаж мэднэ.

Гэвч “хорин нэгдүгээр зууны газрын тос” гэж нэрлэж болох өгөгдлүүдийг эмхэтгэн ангилж, боловсруулалт хийснээр хувь хүмүүс, аливаа байгууллага, улс гүрэн хүртэл өөрт ашигтайгаар хэрэглэх мэдээллээ гарган авах боломжтой болж байна. Орчин үед аливаа байгууллагын менежмент, томоохон шийдвэрүүдийг өгөгдөлд тургуурлан гаргадаг өгөгдлийн шинжээч, өгөгдлийн инженер, өгөгдлийн менежер зэрэг мэргэжилтнүүд буй боллоо. Үүгээр ч зогсохгүй, уламжлалт тоо

баримтаар удаан хугацааны турш хүний хийдэг байсан ажлуудыг өнөөгийн өндөр хүчин чадалтай компьютер, хиймэл оюуны алгоритм, мэдээллийн технологийг ашиглан богино хугацаанд гүйцэтгэж, асар олон өгөгдлөөс хувь хүний олж ашиглах боломжгүй цоо шинэ зүй тогтлуудыг нээн илрүүлдэг өгөгдөлзүй буюу өгөгдлийн шинжлэх ухаан хурдацтай хөгжиж байна [1].

Орчин үеийн физикийн шинжлэх ухаанд, ялангуяа цөмийн физикт өгөгдлийн ач холбогдол маш чухал болж байна. Англиар “nuclear data”, Оросоор “ядерные данные” гэдгийг бид “цөмийн өгөгдөлзүй” гэж орчуулан хэрэглэж хэвшиж байна.

Цөмийн энергийн түвшин, түвшний өргөн, спин, тэгшлиг, түвшин хоорондын зай, цөмийн задралын энерги, хагас задралын үе буюу нас, цөмийн урвалын интеграл ба дифференциал огтлол, урвалаас үүсэх бөөмийн гаралт, энергийн ба өнцгөн түгэлт зэрэг маш олон тоо баримтуудыг цөмийн өгөгдөл гэнэ. Эдгээрийг 1896 онд цөмийн цацраг, 1911 онд атомын цөм, 1919 онд цөмийн урвал нээгдсэнээс хойш 100 гаруй жилийн турш дэлхийн судалгааны лаборатори, төвүүдийн үйл ажиллагааны үр дүнд гаргасан байдаг. Энэ олон өгөгдлүүд нь хоорондоо ихээхэн зөрүүтэй байдаг тул яг өөрт хэрэгтэй үнэн бодитойг нь хаанаас хэрхэн олж авах вэ гэдэг асуулт зүй ёсоор тавигдана. Цөмийн өгөгдлийг хэрэглэгчийн үйл ажиллагааг хөнгөвчлөхөд 1957 онд байгуулагдсан Олон улсын атомын энергийн агентлаг (ОУАЭА) маш чухал үүрэг гүйцэтгэсэн. ОУАЭА-аас дэлхий дахинаа гарч буй цөмийн өгөгдлүүдийг эмхэтгэн

*E-mail:tursukh@num.edu.mn, tursukh.amgalan@gmail.com

нэгдсэн сан бүрдүүлж, гишүүн орнууддаа үнэ төлбөргүй ашиглах боломж олгодог. 1973 онд Монгол Улс ОУАЭА-ийн гишүүн болсноор эндээс цөмийн өгөгдлүүдийг чөлөөтэй ашиглах боломж нээгдсэн. Энд бид зөвхөн цөмийн урвалын өгөгдлийн тухай авч үзье.

ОУАЭА-ийн Цөмийн Өгөгдөлзүйн салбараас Цөмийн урвалын өгөгдлийн судалгааны төвүүдийн олон улсын сүлжээ NRDC (International Network of Nuclear Reaction Data Centres)-ийг 1969 оноос ажиллуулж, туршилтаар хэмжигдсэн цөмийн урвалын өгөгдлийг эмхэтгэн нэг ижил форматтай болгож эхэлсэн байдаг [2, 3].

Анх дөрвөн гишүүнтэй байгуулагдаад одоо цөмийн өгөгдлийн чиглэлээр судалгаа явуулдаг дэлхийн 13 төвийг нэгтгэсэн NRDC сүлжээ нь EXFOR (EXchange FORmat) системээр дамжуулан цөмийн урвалын өгөгдлийг цуглуулж, хадгалж, түгээж байдаг. EXFOR бол цөмийн урвалын туршлагаар хэмжигдэж хуримтлагдсан өгөгдлүүдийг тухайн нэг улсад болон олон улсын түвшинд судалгааны төвүүдийн хооронд солилцох, хадгалахад зориулсан нэгдсэн систем бөгөөд цөмийн урвалын өгөгдлийн EXFOR формат, уг форматаар хадгалагдсан өгөгдлийн EXFOR сан мөн хэрэглэгчдэд дамжуулах EXFOR вэб систем гэсэн гурван хэсгээс тогтдог [4].

EXFOR санд одоогийн байдлаар нейтрон, протон, хүнд, хөнгөн ионуудаар явагдсан урвалуудаас гадна гамма-квантаар явагдах цөмийн фото урвалтай холбоотой дэлхийн олон орны судалгааны төвүүдэд хийгдсэн 20000 гаруй удаагийн туршилтаар хэмжиж хуримтлуулсан үнэт мэдээллүүд хадгалагддаг. Үүнд, 100 гаруй төрлийн элементийн 1000 гаруй изотоп дээр 400 гаруй төрлийн бөөмөөр явагдсан, 2700 орчим төрлийн цөмийн урвалтай холбогдох огтлол, дифференциал огтлол, хуваагдлын бүтээгдэхүүний гаралт гэх мэт 27 төрлийн хэмжигдэхүүний мэдээлэл агуулагддаг [5].

Цөмийн эрчим хүч, цөмийн технологийг ашиглаж буй ихэнх орнууд өөрсдийн цөмийн өгөгдлийн сантай байдаг бөгөөд тэндээсээ хэрэглэгчдээ найдвартай мэдээллээр хангаж байдаг. Манай улсын хувьд ураны хайгуул, олборлолт эхэлж, цөмийн цацрагийн эмчилгээ, оношилгоо, геологи хайгуул, уул уурхайн үйлдвэрт цөмийн технологийг нэвтрүүлэх, ирээдүйд цөмийн эрчим хүчийг ашиглах зэрэгтэй холбоотойгоор цөмийн мэдээллийг хэрэглэгчдийн тоо, эрэлт хэрэгцээ өсч, улам нэмэгдэж байна. Гэтэл манай улсад цөмийн өгөгдөл, мэдээллийн нэгдсэн сан байхгүйгээс мэдээллээр гачигдах, эсхүл олон янзын мэдээллээс алийг сонгох нь тодорхойгүй байх, шаардлагатай мэдээллээ гадаадаас худалдаж авах гэх мэт бэрхшэлүүд тулгардаг.

Иймээс бид Шинжлэх ухаан технологийн сангийн санхүүжилттэй төслийн хүрээнд Монгол улсад цөмийн урвалын өгөгдлийн бүрэн хэмжээний

цогц санг нутагшуулах, цаашдаа хэрэглээний болон суурь судалгаанд хэрэглэхэд бэлэн байлгахын тулд шууд харьцаж ашиглахад хүндрэлтэй EXFOR форматтай цөмийн урвалын их хэмжээний өгөгдлийг сум бөөмийн төрлөөс нь хамааруулан ангилж, хэрэглэхэд хялбар форматтай болгох зорилго тавилаа.

II. EXFOR САНГИЙН ӨГӨГДЛҮҮДИЙГ АНГИЛАХ АРГА ЗҮЙ

EXFOR форматтай өгөгдөл (entry) нь дотроо тухайн туршилтаар холбоотой тоон болон чанарын бүх л мэдээллүүдийг нэг буюу олон тооны дэд мэдээллүүд (subentry)-эд хуваан агуулсан байдаг. Тухайлбал, туршилтыг явуулсан судалгааны байгууллага, судлаачийн нэр, огноо, судалгааны арга зүй, хэрэглэгдсэн детектор, бай цөм болон сум бөөм, түүний энерги, туршилтаар хэмжигдсэн урвалын төрөл, огтлол, физик нэгж, алдаа, нийтлэгдсэн хэвлэл, сэтгүүл гэх мэт цогц мэдээллүүд нь өөр өөрсдийн түлхүүр тэмдэгтийн тусламжтайгаар танигдахаар хадгалагдсан байдаг [6]. Жишээ болгож, 1-р зурагт ${}^6\text{Li}$ цөм дээр нейтрон тусаад тритон болон альфа бөөм гарах урвалын огтлол хэмжсэн туршилтын тухай мэдээллийг харуулав.

Бид EXFOR форматтай, цөмийн урвалын өгөгдлийн 22579 файл буюу 22579 удаагийн туршилтаас хуримтлагдсан мэдээллийг [7]-оос цуглуулсан. Эдгээр өгөгдлийг ангилан төрөлжүүлэх, форматыг хялбаршуулж хадгалахын тулд эхлээд программчлалын R хэлний “exforParser package” [8]-ийг ашиглан уншина. Үүний дараа сум бөөмийг таних түлхүүр тэмдэгт болон өөрсдийн зохиосон хялбар алгоритм бүхий програмаар өгөгдлийг боловсруулан ангилж төрөлжүүлсэн өгөгдлийг санах байгууламжид хадгална.

EXFOR форматад таних түлхүүр тэмдэгт нь сум бөөм бүрийн хувьд давтагдахгүй ялгаатай байна. Жишээлбэл, нейтроны түлхүүр тэмдэгт нь “N” байх ба түүгээр явагдсан урвалын мэдээллийг ялгахын тулд бүх өгөгдлийг уншиж буй циклд *if(reac_info\$projectile == “N”)* гэсэн нөхцөл тавина. Бусад төрлийн сум бөөмүүдийн хувьд дейтон бол “D”, тритон бол “T”, альфа бол “A”, протон бол “P”, ${}^3\text{He}$ бол “HE3”, гамма бол “G” гэж, харин сум цөмүүдийн хувьд ${}^5\text{He}$ -ийг “2-HE-5” гэж тэмдэглэж буйтай төстэйгээр түлхүүр тэмдэгтийг бичиж таних боломжтой.

ENTRY	11008	820106	20050926	0000	
SUBENT	11008001	820106	20050926	0000	
BIB	6	8			
INSTITUTE	(1USANWU)				Туришилт явагдсан байгууллага
REFERENCE	(J,BAP,4,218(AB6),59)				Нийтлэгдсэн өгүүллийн эшлэл
AUTHOR	(B.PARDO,J.ROBERTS)				Өгүүллийн зохиогч(ид)
TITLE	PROPERTIES OF THE 7.46 MEV STATE OF LI7.				Өгүүллийн нэр
STATUS	(SCSRS)				
HISTORY	(760628T) TRANSLATED FROM SCISRS				
	(800606U) CONVERTED TO REACTION FORMALISM				
	(820106A) CONVERTED TO REACTION FORMALISM				
ENDBIB	8				
NOCOMMON	0	0			
ENDSUBENT	11				
SUBENT	11008002	820106	20050926	0000	
BIB	3	3			
REACTION	(3-LI-6(N,T)2-HE-4,,SIG)				Туришлтаар судалсан цөмийн урвал
DETECTOR	(TRD) NUCLEAR EMULSIONS				Туришлтад хэрэглэгдсэн детекторын тухай мэдээлэл
ANALYSIS	INTEGRATED ANGULAR DISTRIBUTION.				
ENDBIB	3				
NOCOMMON	0	0			
DATA	3	1			
EN	DATA	DATA-ERR			
MEV	B	B			Туришлтаар хэмжигдсэн огтлолын тухай мэдээллүүд
	2.70 -01 3.7 +00 4. -01				
ENDDATA	3				
ENDSUBENT	11				
ENDENTRY	2				

Зураг 1: ${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$ урвалын EXFOR форматтай өгөгдөл.

III. ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

A. Цөмийн урвалын өгөгдлүүдийг ангилсан үр дүн

EXFOR форматтай, их хэмжээний өгөгдлийг анхан шатны боловсруулалтад оруулж тус тусдаа файл хэлбэрээр хадгалснаар дараагийн шатанд тухайн нэг урвалын хувьд нарийвчилсан судалгаа хийх бүрт их хэмжээний эх өгөгдөлтэй харьцах шаардлагагүй болно. Эх өгөгдлийг нейтроноор явагдсан урвал, гамма квантаар явагдсан урвал, протоноос ${}^{17}\text{C}$ хүртэлх хөнгөн цөмүүдээр явагдсан урвал болон бусад хүнд цөмүүдээр явагдсан урвал гэсэн 4 бүлэгт оруулж, туршилт бүрийн мэдээллийг тухайн урвал бүрээр нь тус тусдаа файлд хадгалав.

22579 өгөгдлийг ангилан ялгахад гаммагаар явагдсан урвалын 6484, нейтроноор явагдсан урвалын 58482, хөнгөн цөмөөр явагдсан урвалын 66344, хүнд цөмөөр явагдсан урвалын 11844 файл болон урвал нь одоогоор бүрэн ялгагдаагүй 14448 файл үүсэв. Бүрэн ялгагдаагүй эдгээр урвалын мэдээлэл нь олон урвалын комбинацтай тул ялгахад одоогоор хүндрэлтэй байна.

Ангилалт хийж, гаргаж авсан өгөгдлийн жишээ болгож нейтроноор болон гамма квантаар явагдсан урвалуудын мэдээллийг 2-5-р зурагт үзүүллээ.

Анхан шатны боловсруулалт хийж, ашиглахад хялбар болгон ЦФСТ-ийн сервер компьютерт хадгалсан цөмийн урвалын өгөгдөл нь сонирхсон судлаач, хэн бүхэнд нээлттэй бөгөөд ЦФСТ-ийн Захиргаа болон Цөмийн өгөгдөлзүйн салбарт хүсэлт гаргаж, серверийн линукс систем дээр хэрэглэгчийн аккаунт авч төвийн дотоод сүлжээнээс хандан ашиглах бүрэн боломжтой.

B. Цөмийн урвалын өгөгдлүүдийн системчилсэн анализын зарим үр дүн

Өнөө үед дэлхийн олон оронд хэмжилт, туршилт явагдсанаар цөмийн урвалын өгөгдөл маш олон болсон. Зөвхөн нэг урвалын суваг дээр гэхэд хэд хэдэн орны судалгааны төвүүдэд, өөр өөр цаг үед хэмжигдсэн туршлагын нэлээд олон өгөгдөл хуримтлагдсан байх ба тэдгээр өгөгдлүүд нь цөмийн урвалын туршилт явуулах үеийн нөхцөл, аргагүй радиохимийн боловсруулалтын түвшин, бусад урвал давхцах гэх мэт шалтгаануудаас болоод хоорондоо ихээхэн зөрөх явдал элбэг байдаг.

Тухайн урвалаар судалж буй хэмжигдэхүүн

"EN"	"DATA"	"ERR-S"
"1"	1.063 7020 660	
"2"	1.161 6870 300	
"3"	1.258 6720 170	
"4"	1.356 6770 110	
"5"	1.454 6650 80	
"6"	1.553 6810 70	
"7"	1.652 6880 60	
"8"	1.751 6830 60	
"9"	1.85 6820 60	
"10"	1.95 6750 50	
"11"	2.049 6720 50	
"12"	2.15 6810 50	
"13"	2.25 6640 50	
"14"	2.35 6670 50	
"15"	2.449 6740 50	
"16"	2.55 6510 50	
"17"	2.65 6550 50	
"18"	2.75 6480 60	
"19"	2.849 6410 60	
"20"	2.95 6460 60	
"21"	3.097 6290 30	
"22"	3.297 6250 30	
"23"	3.498 6110 30	
"24"	3.698 6030 30	
"25"	3.899 5850 30	
"26"	4.098 5860 40	

Энергийг заасан түлхүүр үг

Мөрийн дугаар

Тухайн хэмжигдэхүүний статистик алдаа

Зураг 2: Нейтроноор явагдсан урвалын өгөгдлийн жишээ.

"V1"	"V2"	"V3"	"V4"	"V5"	"V6"	
"1"	"(67-NO-165(N,TOT),,SIG)"	"(H.MARSHAK,A.LANGSFORD,T.TAMURA,C.Y.WONG)"	"19991012"	"Ho165"	"67"	"n"

Мөрийн дугаар

Судалж буй урвалын төрөл, хэмжигдэхүүн

Тухайн судалгааны үр дүнг хэвлэсэн өгүүлийн зохиогчид

Өгүүлэл нийтлэгдсэн огноо: он, сар, өдөр

Бай цөмийн тэмдэглэгээ ба цэнэг

Сум бөөм

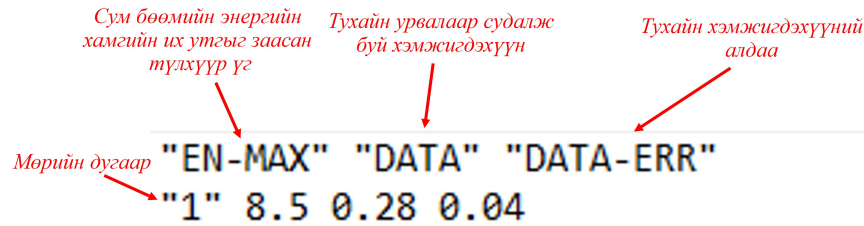
Зураг 3: 2-р зурагт үзүүлсэн өгөгдлийн дагалдах нэмэлт мэдээлэл.

Иймд тэдгээрийн аль нь үнэн зөвийг тогтоохын тулд хэмжилтийн өгөгдлүүдэд систематик буюу системчилсэн анализ хийж аль өгөгдөл нь ерөнхий хандлагадаа ойр байна, аль өгөгдөл хол байгааг нь тодруулах шаардлага тулгардаг бөгөөд энэ нь цаашдаа цөмийн физикийн эрчим хүчний болон эрчим хүчний бус хэрэглээнд чухал ач холбогдолтой юм. Үүнээс гадна, систематик анализ хийх нь цөмийн урвалын тухай онолын суурь мэдлэг, мэдээллийг гаргаж авах танин мэдэхүйн өндөр ач холбогдолтой байдаг.

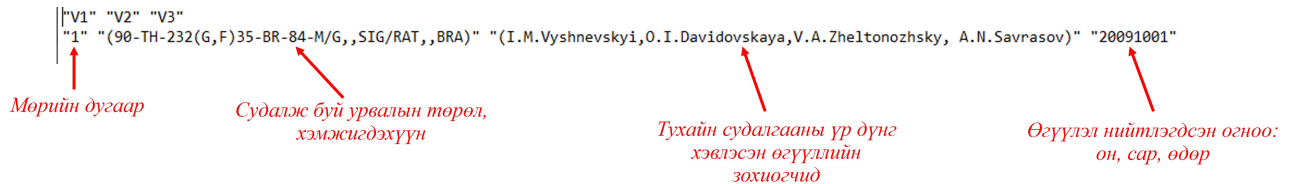
Бид 1990-ээд оноос эхлэн хурдан нейтроноор явагдах цөмийн урвалын огтлолын талаар дэлхий дахинаа гарч буй туршлагын асар их мэдээл-

лийг эмхэтгэн, системчилсэн анализ хийж, тухайн урвалын огтлолууд бай-цөмийн шинж чанарыг илэрхийлсэн параметруудээс хэрхэн, ямар зүй тогтолтойгоор хамаарч байгааг цөмийн урвалын компаунд, шууд, тэнцвэрийн өмнөх зэрэг механизмуудад суурилсан, цөмийн урвалын төрөл бүрийн загвар боловсруулан, онолын тооцооны үр дүнгээ туршлагын өгөгдлүүдтэй харьцуулах замаар судалж байна.

1 МэВ-ээс их энергитэй нейтронуудыг хурдан нейтрон гэх ба энэ нейтроноор явагдах цөмийн урвал нь өөрийн гэсэн онцлогтойн дээр онцгой ач холбогдолтой байдаг. Тодруулбал, ийм нейтроноор явагдах цөмийн урвалын огтлолын туршлагын утгуудад системчилсэн анализ хийснээр дээр



Зураг 4: Гамма-квантаар явагдсан урвалын өгөгдлийн жишээ.



Зураг 5: 4-р зурагт үзүүлсэн өгөгдлийн дагалдах нэмэлт мэдээлэл.

өгүүлсэн суурь мэдээлэл гаргаж авах боломжтойгоос гадна цөмийн реакторын бүтээцийн материалд уг нейтроны үйлчлэлээр үүсэх устөрөгч, гелий хийнүүдийн хэмжээг тооцоолох боломжийг олгодог практик хэрэглээтэй байдаг. 6-9-р зурагт хурдан нейтроноор явагдах (n, α) , (n, p) , (n, t) ба $(n, 2n)$ урвалуудын огтлолын талаар EXFOR системд хуримтлагдсан өгөгдлүүдэд системчилсэн анализ хийсэн үр дүнг харууллаа.

14-15 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах $(n, 2n)$ урвалын эмхэтгэсэн огтлол $(N - Z)/A$ параметрээс хэрхэн хамаарч байгааг 9-р зургаас харж болно. Цөмийн урвалын статистик загварт тулгуурласан $(n, 2n)$ урвалын огтлолын онолыг боловсруулах ажлыг бид эхэлж байна. Гамма-квант байцөм дээр тусч шингээгдэх фото-шингээлтийн интеграл огтлол бай-цөмийнхөө масс тооноос хэрхэн хамаарч байгааг 10-р зурагт харуулав. 10-р зургаас харахад цөмийн фото-шингээлтийн интеграл огтлолын туршлагын цэгүүд нь гигант резонансын диполийн хэлбэлзлийн онолоос гарсан томъёогоор татсан шулууны дагуу байралсан байна. Энэ нь гамма-квантын үйлчлэлээр цөм дэх нуклонууд диполийн хэлбэлзэл зонхилсон хөдөлгөөн хийж байна гэсэн үг.

IV. ДҮГНЭЛТ

1. ОУАЭА-ийн EXFOR санд байгаа EXFOR форматтай маш олон тооны өгөгдлүүдийг цаашид ашиглахад эвтэй хялбар байдлаар

ангилаан ялгах, боловсруулалт хийх, хадгалах программын эхний хувилбарыг R хэлний орчинд боловсруулав.

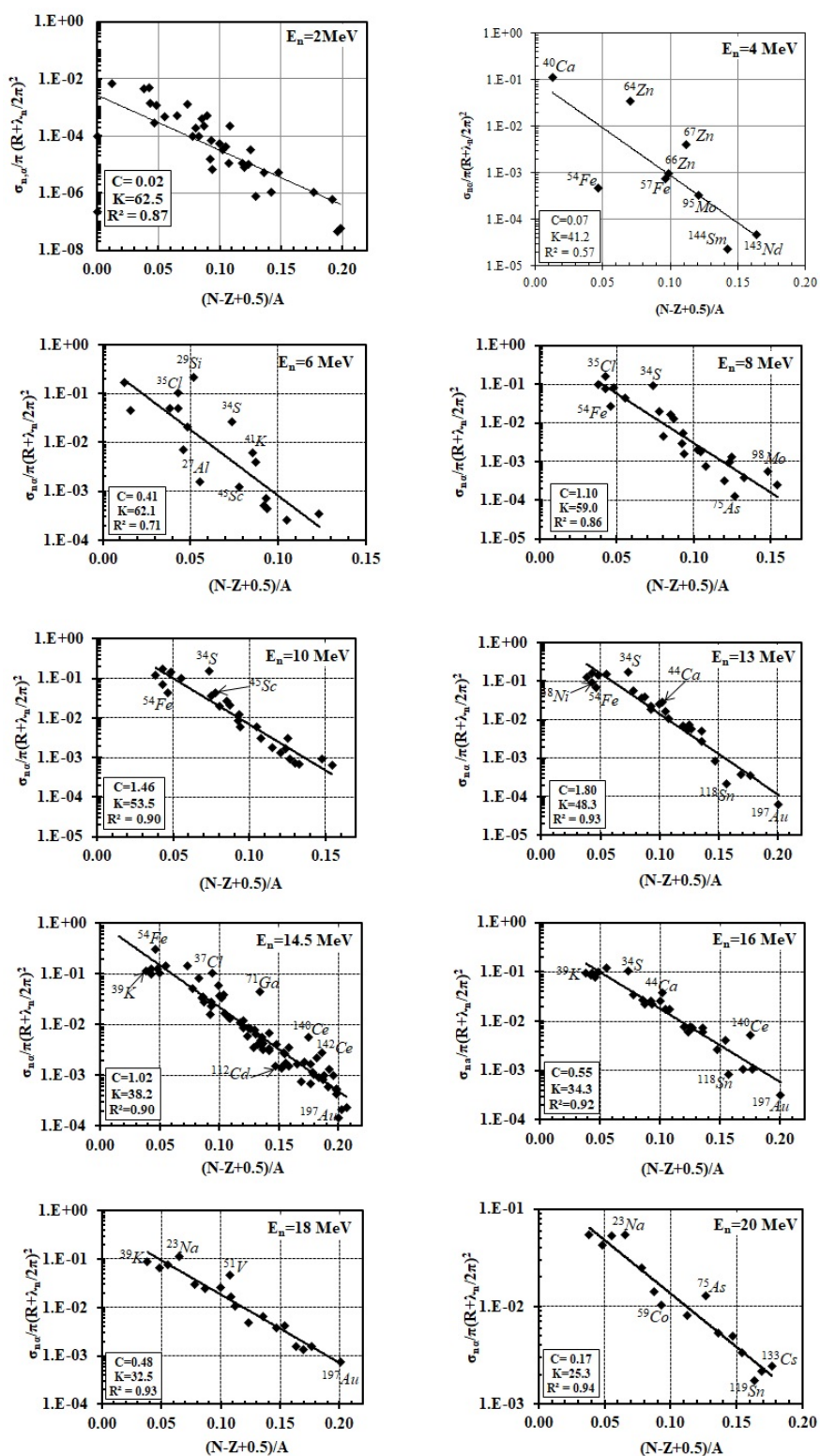
2. Боловсруулсан программынхаа тусламжтайгаар EXFOR форматтай цөмийн урвалын 22579 файл буюу 22579 удаагийн туршилтын өгөгдлүүдийг ангилаан, нейтроноор явагдсан 58482, гамма-квантаар явагдсан 6484, хөнгөн цөмөөр явагдсан 66344, хүнд ионоор явагдсан 11844 урвалын файл болон одоогоор бүрэн ангилагдаагүй 14448 файл үүсгэн МУИС-ийн ЦФСТ-ийн сервер компьютерт хадгалав.
3. Буй болсон өгөгдлийн сангаа цаашид хэрхэн ашиглахын жишээ болгож, (n, α) , (n, p) , (n, t) , $(n, 2n)$ болон (γ, n) урвалын огтлолын утгуудад системчилсэн анализ хийсний зарим үр дүнг харуулав.
4. Цаашид боловсруулсан программаа улам төгөлдөржүүлж, одоогоор ялгагдаагүй өгөгдлүүдийг ангилж, ангилсан өгөгдлүүддээ цөмийн урвалын загвар, механизмуудад үндэслэн, бай-цөмийн болон сум-бөөмийн шинж чанараас хамааруулан өргөн хэмжээний судалгаа боловсруулалтын ажлыг гүйцэтгэхээр төлөвлөж байна.

ТАЛАРХАЛ

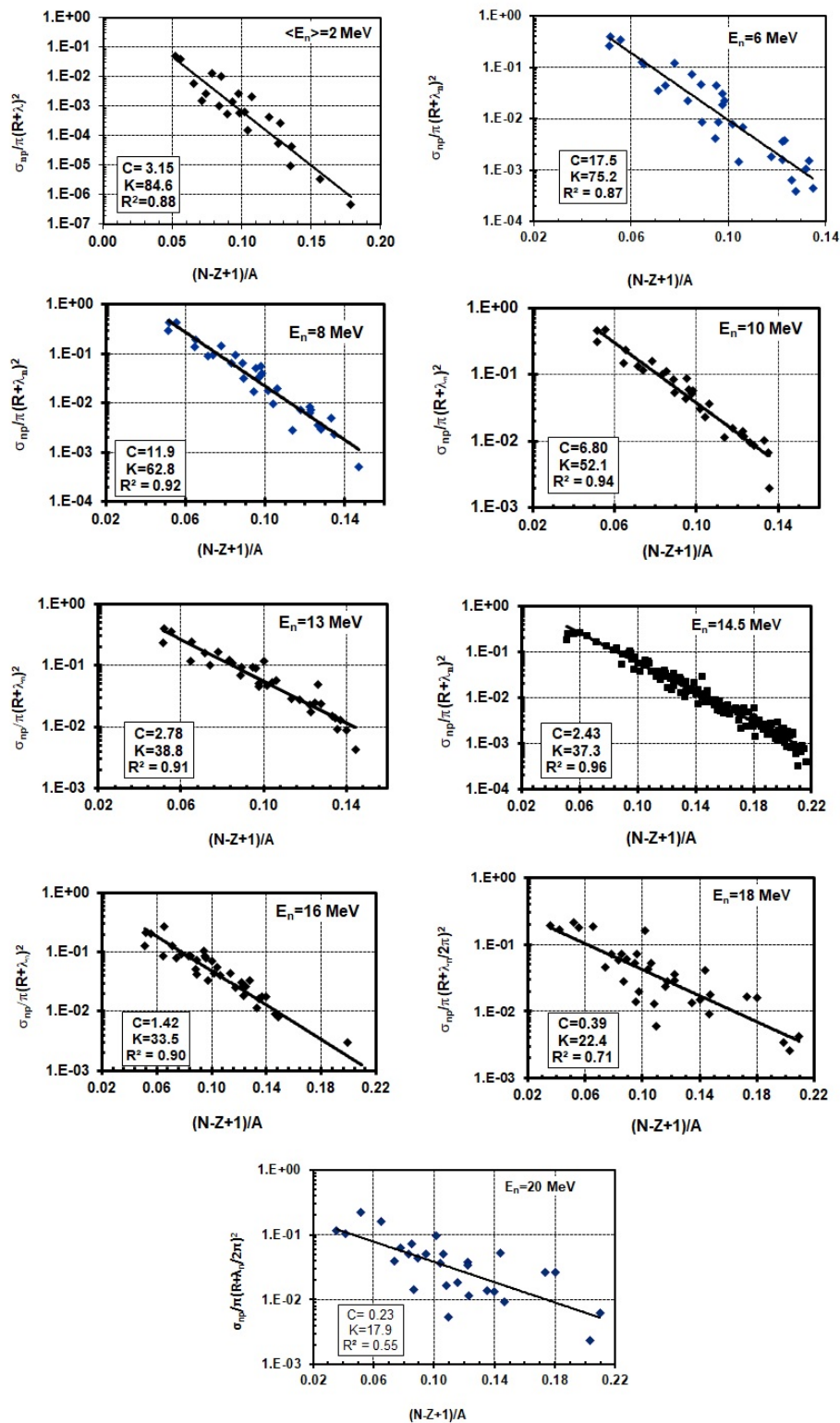
Өгөгдлийг боловсруулах, хадгалах ажлыг МУИС-ийн ЦФСТ-ийн "MINATO SERVER" дээр гүйцэтгэв. Энэхүү ажлыг Монгол Улсын ШУТС-гийн санхүүжилттэй хэрэгжиж буй "Цөмийн кластер бүтэц ба урвалын судалгаа" сэдэвт суурь

судалгааны төслийн ШУСс-2019/06 гэрээний дагуу гүйцэтгэв.

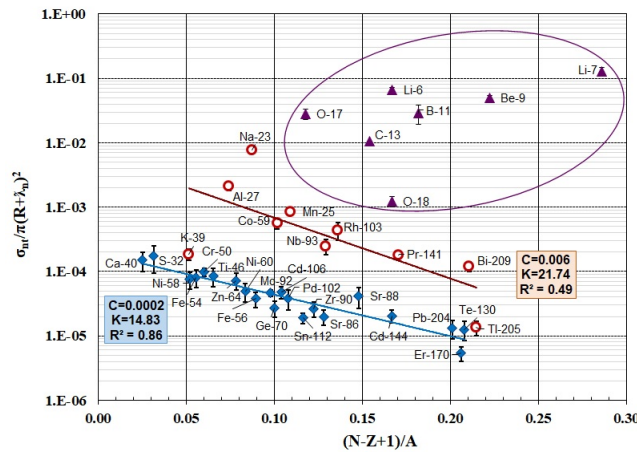
- [1] <https://medium.com/>
- [2] V.V.Zerkin, B.Pritychenko, Nucl. Inst. and Meth. in Physics Research, A 888 (2018), pp. 31–43, doi: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.01.045>
- [3] N.Otuka et al., Nuclear Data Sheets, v. 120 (2014), pp. 272-276
- [4] https://www-nds.iaea.org/nrdc/nrdc_aoc/exfor_leaflet_201810.pdf
- [5] https://www-nds.iaea.org/exfor/x4stat/exfor_stat.htm
- [6] https://www-nds.iaea.org/nrdc/basics/Table_of_contents
- [7] <http://www.nucleardata.com/>
- [8] <https://github.com/gschnabel/exforParser>
- [9] G.Khuukhenkhuu et al., Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei, Letters, V.11, No.6 (190), 2014, p.1159.
- [10] G.Khuukhenkhuu, G.Unenbat, M.Odsuren et al., JINR Communication, E3-2007-25, JINR, Dubna, 2007.
- [11] G.Khuukhenkhuu, M.Odsuren, J.Munkhsaikhan et al., News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series Physico-Mathematical, 2020, v.4, No.332, pp.21-27. DOI: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.61>
- [12] Ch.Saikhanbayar, Private Communication, 2020.
- [13] G.Khuukhenkhuu, M.Odsuren, B.Regzedmaa and Ts.Bilguun, Proceedings of the 8th AASPP Workshop on Asian Nuclear Reaction Database Development, INDC (MGL)-0001, IAEA, 2018, Vienna, Austria, p.110.



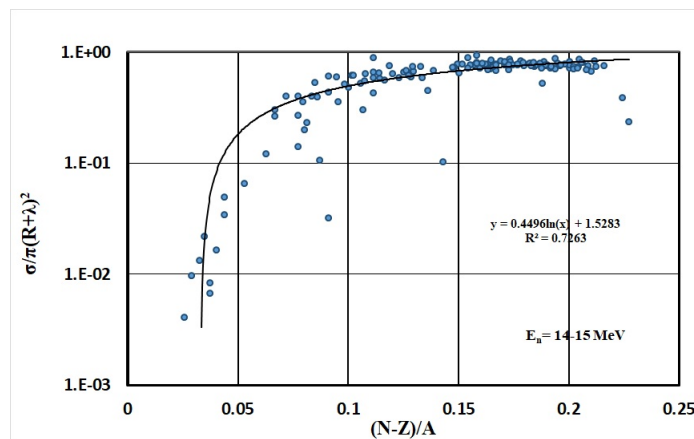
Зураг 6: 2-20 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах (n, α) урвалын эмхэтгэсэн огтлол ба бай-цөмийн асимметрийн параметр $(N - Z + 0.5)/A$ -ийн хоорондын хамаарал [9].



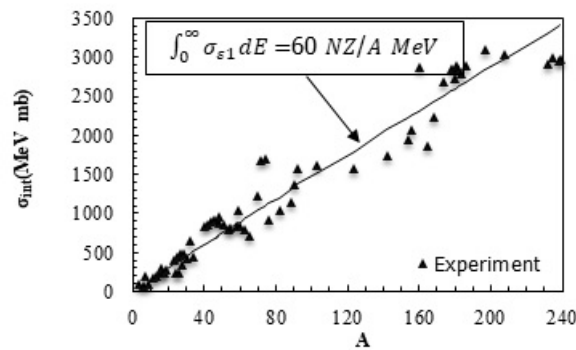
Зураг 7: 2-20 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах (n, p) урвалын эмхэтгэсэн огтлол ба бай-цөмийн асимметрийн параметр $(N - Z + 1)/A$ -ийн хоорондын хамаарал [10].



Зураг 8: 14-15 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах (n, t) урвалын эмхэтгэсэн огтлол ба бай-цөмийн асимметрийн параметр $(N - Z + 1)/A$ -ийн хоорондын хамаарал [11].



Зураг 9: 14-15 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах (n, 2n) урвалын эмхэтгэсэн огтлол ба бай-цөмийн асимметрийн параметрийн хоорондын хамаарал [12].



Зураг 10: (γ, n) урвалын интеграл огтлол ба бай-цөмийн масс тооны хоорондын хамаарал [13].