

Дүрсэн Объектийг Ангилах Систем Бүтээх Асуудалд

Ц. Сугир

Компьютерийн ухааны салбар
Компьютерийн техник,
менежментийн сургууль,
ШУТИС
Улаанбаатар, Монгол улс
sugir@must.edu.mn

Ю. Цэдэнсүрэн (Ph.D)

Компьютерийн програм
хангамжийн тэнхим
Улаанбаатар их сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
[y tsedensuren@yahoo.com](mailto:sugir@must.edu.mn)

Д. Эрдэнэчимэг (Ph.D)

Компьютерийн ухааны салбар
Компьютерийн техник,
менежментийн сургууль,
ШУТИС
Улаанбаатар, Монгол улс
erd_chimeg_csms@yahoo.com

Хураангуй—Металл хийц, эд ангийн бүтэц найрлагыг түүний микрошлифийн дүрсээр тогтоох автомат систем бүтээхэд ангиллын алгоритм нь бүтэц дэх нийлэгдүүнүүдийн эталон утгуудын хоорондын зайн минимумаар шийдвэр гаргах аргыг хэрэгжүүлснийг энэ өгүүлэлд өгүүлнэ.

Түлхүүр үг—микрошлифийн дүрс, гэрэлтлэг, өнгөний параметр, эрчим.

I. ОРШИЛ

Металл хийцийн найрлагын цэвэршлийн чанарыг шинжлэхэд металлын бичил бүтцийг түүний зүсэлтийн металографийн микроскопын дүрсийг шинжлэх ажлыг орчин үеийн дүрс боловсруулалтын аргаар хэрэгжүүлэх зорилго тавин техникийн шийдлийн эхний алхмуудыг хийгээд байна. Микрошлифийн дүрсээр шинжилгээ хийх бидний боловсруулж байгаа аргачилал нь дараах үе шатуудаас тогтоно. Үүнд: дээжийн микрошлифийн гадрагыг бэлтгэх; микрошлифийн дүрсийг автоматаар компьютерт оруулах; боловсруулалтын тодорхой зориулалтын програм боловсруулах; боловсруулсан аргачиллыг туршин үнэлгээ өгөх. Тухайн ажлын хүрээнд мэдээллийг компьютерт оруулах, түүнд микрошлифийн шинжилгээний гол мэдээлэл болох сорьцын гадрагаас ойсон гэрлийн эрчмийн харьцангуй өөрчлөлтийг хэмжих, түүнд гистограмын шинжилгээ хийж, эрчмийн төвшнөөр сегментац хийж, сорьцын бичил зурган текстурын гэрэл шингээх чанарын жигд тархацын үнэлэгээгээр түүний цэвэр найрлагын чанарыг тодорхойлох боломжийг судлах ажил хийгдсэнээр тавигдсан асуудлыг шийдвэрлэх анхны алхам хийгдлээ гэж үзэж болох болов. [1]. Мөн

түүнчилэн камеран мэдрүүр ашиглан дүрсэн мэдээллийг түүний оптик нягтрацаар шинжлэхэд мэдрүүрт гамма заслага оруулсан гэрэлтлэгийн характеристикийн урьдчилсан гажуудлыг засч, дүрсэн мэдээллийн утгыг пропорциональ утгад оруулах аргыг боловсруулсан билээ.[2]

II. ДҮРСЭН ОБЪЕКТИЙГ АНГИЛАХ АЛГОРИТМ

Микрошлифийн гадаргуу дээр ялгарах бүрэлдэхүүн компонентуудын үндсэн шинжүүрээр нь өнгөт дүрсийн гэрэлтлэгийн дөрвөн үндсэн параметр R,G,B,Y болгох бөгөөд эталон дүрсийн шинжүүрийн вектор нь энэ дөрвөн параметрын координатуудаар илэрхийлэгдсэн дөрвөн хэмжлийн огторгуй байх юм. Ангилагдах компонент буюу ангиллын класс (цаашид j – ээр тэмдэглэх)-ын тоо (M) нь тухайн сорьцын цэвэршлийн зэрэглэлээс хамааран янз бүр байх бөгөөд микрошлиф үүсгэх сорьц бэлтгэх технологи боловсруулалтын дагуу гүйцэтгэгдсэн тодорхой сорьцын бүрэн шинжилгээний үндсэн дээр ангиллын дүрмийн босгын параметрууд болох гипер хавтгайн шугаман функцийн хэлбэр, классуудын эталон векторуудын хоорондох зайн минимум [8] хэмжээ зэргийг тодорхойлон хөдөлбөргүй эталоньг олох ёстой юм. Гэвч бидэнд сорьцыг журмын дагуу боловсруулах боломж заагдсан хугацаанд олдоогүй учир төгсгөлийн энэ шийдвэрлэх асуудлыг гүйцээн бүрэн төгс систем бүтээх ажил бол боловсруулсан онолын шийдэл дээр тулгуурлан дараагийн шатанд гүйцэтгэх практик туршилт, хэрэгжүүлэлтийн үйл ажиллагаа болно.

Дээрх аргыг хэрэгжүүлэхэд дараах шаталсан алгоритмыг гүйцэтгэх нь зүйтэй. Үүнд:

1. Дүрсийн объектыг таних шинжүүрүүдийг тодорхойлох.

Таних объектыг агуулж байгаа дүрсийг $N \times N$ хэмжээст элемент бүхий матриц хэлбэрээр дүрсэлье. Энэ матрицын элемент бүр нь таних шаардлагатай шинжүүрийг дүрслэх дүрсийн гэрэлтлэгийн хэмжээг илэрхийлж байдаг. Дүрс нь өөрөө цэгийн гэрэлтлэгийн хэмжээ Y , өнгөний параметр R, G, B -ээр тодорхой-логдоно. Энэ нь ангиллын үндсэн шинжүүр нь болно. Өөрөөр хэлбэл, дүрсийн компонентыг илэрхийлэх цэгийн гэрэлтлэгийг энэхүү дөрвөн параметраар дүрслэгдэх дөрвөн хэмжлийн огторгуйд авч үзнэ.

- Дүр таних шинжүүрийн төрлийг сонгохдоо дүрсийн шилжилт, гажилт, зөөх хөдөлгөөн зэрэг объектын хувиргалтад инвариант чанартай байх хэрэгтэй. Дээрх дөрвөн шинжүүр тухайн шаардлагыг бүрэн хангаж байгаа юм.

- Системийн бүтцийг хэт хүндрүүлэхгүйн тулд шинжүүрийн тоог аль болох минимум хэмжээнд барих хэрэгтэй байдаг. Энэ нь байгалийн гурван тулгуур өнгө, тэдний нэгдсэн эрчмийг илэрхийлэх гэрэлтлэгийн хэмжээ Y -ийг агуулж байгаа нь хүрэлцээтэй өргөн хүрээг хамарсан бөгөөд минимум тоо хэмжээг бүрэн хангаж чадаж байгаа юм.

- Шуугиан даах чадвар өндөр байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл, санамсаргүй орж ирж болзошгүй шуугиан, цочроолыг мэдрэхгүй байх ёстой.

- Аль болох энгийн техник хэрэгслэлээр хэрэгжүүлэх боломжтой байх. Энэ шаардлагын үндсэн дээр дүрсэн мэдээллийг нь *локаль* болон *глобаль боловсруулалтын* аль нэгд буюу эсвэл, аль алинд нь оруулах шаардлага гарч болно.

Дүрсийн локаль боловсруулалтыг ашиглах үед түүний гол локаль шинж чанартай холбоо бүхий шинжүүрийг гаргаж авна. Тавьсан зорилгод цэгийн гэрэлтлэгийн шинжээр ангилал хийх зорилго тавигдсан учир гистограммын боловсруулалтын үед тодорхойлсон тухайн компонентыг тодорхойлох өнгө гэрэлтлэгийн максимумын орчинд үүсэх шуугианы бүсийг компонентын дүрийн шинжүүрийн дундаж утга болох энэхүү максимумын утгаар солих үйлдэл нь локаль боловсруулалтын төрөлд орно. Иймд бид ангиллын алгоритмыг хялбаршуулах, техник хэрэгсэлийн бүтцийг хямд болгох зорилгоор зөвхөн энэ төрлийн локаль боловсруулалтыг хийхэд бидэнд мэдэгдэхүйц үр дүн өгөх юм.

Шинжүүрийг тодорхойлох дүрсийн боловсруулалт нь бүхэл бүтэн дүрсийн статистик шинж чанар,

бүтэцтэй холбоо бүхий шинжүүрийг тодорхойлоход тохиромжтой. Металлын бүтцийг тодорхойлох шинжилгээг статистик чанараар хэрэгжүүлж болох боловч, энэ тохиолдолд ангиллын алгоритм дэндүү нүсэр, алдаа үүсэх магадлал өндөр болох муу талтай учир бидний зорилгод тохирохгүй. Энэ боловсруулалтад дүрсийн дундаж гэрэлтлэг, түүний орон зайн спектрийн тархалт, хоёр хэмжлийн корреляцийн функц гэх мэтийн шинж чанарууд тодорхойлогддог. Ийм шинжүүр нь хагас өнгөт текстур дүрсийг бүхэлд нь ангилахад хэрэглэгддэг. Металлын шлифийг ерөнхийд нь үнэлэхэд энэ төрлийн боловсруулалтыг хэрэглэж болно. Дотоод компонентын үнэлгээг нарийвчлан тодорхойлоход энэ арга хэрэглэгдэх боломжгүй.

Дүрийг таних шинжүүрийн төрөл, тоо n -ийг сонгосны үндсэн дээр танин ангилах дүрийг n -хэмжлийн вектор хэлбэрээр дараах байдлаар илэрхийлнэ. Үүнд:

$$\mathbf{X} = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]^t \quad (1)$$

Энд: x_i ($i=1,2,3, \dots, n$)- дүр таних шинжүүрт харгалзах n -хэмжлийн огторгуйн координатууд

2. Ангилал бүрийн эталон дүрсийн векторыг тодорхойлох.

Ангилал бүрийн эталон дүрсийн векторыг сонгосон шинжүүрийн урьдчилсан статистик боловсруулалтын үндсэн дээр юм уу, эсвэл дүр таних системийг сургах замаар гарган авч болно. Эхний аргыг анги бүрийн шинжүүрийн статистик характеристикийг тодорхойлоход хялбар юм уу, эсвэл характеристик нь тодорхой байгаа тохиолдолд хэрэглэх нь тохиромжтой. Эдгээр характеристикийн үндсэн дээр эталон дүрс бүрийн векторын координатуудыг тодорхойлдог. Эталон дүрсийн векторын координат тодорхойлох хамгийн найдвартай бөгөөд энгийн арга бол анги бүрийн векторуудын координатуудын дундажийг олох явдал байдаг. Энэ нь:

$$\vec{\mu}_j = E\{\vec{x}^j\} = \{E\{\vec{x}_1^j\}, E\{\vec{x}_2^j\}, E\{\vec{x}_3^j\}, \dots, E\{\vec{x}_n^j\}\}^t \quad (2)$$

$\vec{\mu}_j$ - j -р ангиллын эталон дүрсийн вектор, $j=1,2,\dots,M$,

M -судлагдаж байгаа дүрсийн ангиллын тоо,

$E\{\dots\}$ – дундажчлалын оператор. Энэ нь:

$$E\{x\} = \frac{1}{l_j} \sum_{k=1}^{l_j} x_k \quad (3)$$

l_j – j -р ангийн дундачлал хийж байгаа дүрсийн тоо.

3. Эталон дүрсүүдийн векторуудын хоорондын зайг тодорхойлох. Дүр таних нарийвчлал нь анги бүрийн эталон дүрсийн векторуудыг аль хир зөв сонгосоноос ихээхэн хэмжээгээр шалтгаалдаг. Эталон дүрсүүдийн векторуудын олонлог нь ангиллын нарийвчлалыг хангах зорилгын үүднээс урьдчилан тогтоосон ангиллын босгын хэмжээнээс багагүй байх тохиолдолд л зөв сонгогдсон гэж тооцогдоно. Эталон вектор $\vec{\mu}_p, \vec{\mu}_q$ хоёрын хоорон дахь Хемингийн зайг тодорхойлъё.

$$d_{pq} = \sum_1^N |\mu_p^i - \mu_q^i| \quad (6)$$

энд: $p=1,2,\dots,M; q=1,2,\dots,M; p \neq q$

$$d_{pq} \geq d_{\min} \quad (7)$$

(7) нөхцөл бүрдсэн тохиолдолд эталон дүрсийн векто-

уудын олонлог зөв сонгогдсон гэж үзнэ.

Нөхцөл (7) дахь d_{\min} нь эталон векторуудын хооронд зөвшөөрөгдөх минимум зай юм.

d_{\min} –ийн сонголт нь ангилж байгаа дүрсүүдийн координатын эталонтой харьцангуй өөрчлөлт нь зөв ангиллыг хангах шаардлагын үүднээс $p \neq q$ үеийн бүх d_{pq} –ийн өөрчлөлт нь (7)-г эвдэхгүй байх шаардлагыг хангаж байхаар хийгдэх ёстой.

Нөхцөл (7) эс биелэх нь сонгосон шинжүүрийн орон зайд зарим эталон дүрсийн векторууд зөвшөөрөгдсөн хэмжээнээс илүү ойр байрласан байна гэсэн хэрэг юм. Дээрх хангахын тулд d_{pq} зайг ихэсгэх хэрэгтэй. Энэ нь дараахь хоёр аргаар хийгдэж болно. Дүр таних шинжүүрийн тоог нэмэгдүүлэх, эсвэл зарим болон бүх шинжүүрийн төрлийг өөрчлөх. Энэ хоёр аргын аль нь ч ялгаагүй дүр таних системийн төслийн техник шийдлийг ихээхэн хүндрүүлэхэд хүргэдэг.

4. Объектыг таних ангиллын шийдэх дүрмийг сонгох. Дүрийг таних шинжүүрийг тодорхойлсны үндсэн дээр тухайн дүрсэн объект өгөгдсөн ангиллуудын чухам алинд нь хамаарч байгааг тогтоох хэрэгтэй болно. Энэ асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд тухайн объектыг тодорхойлсон шинжүүрийн орон зайн ямар мужид нь хамаарагдахыг тогтоох шийдлийн дүрмийг олох шаардлагатай болно.

Ангиллын шийдлийн дүрмийг тогтооход дүр таних системийг хэрэгжүүлэх ангиллын нарийвчлал, нөгөө талаас техник хэрэгслэлийн хялбар хийц хоёрын харилцан эсрэг тэсрэг шаардлагын аль алиныг нь харгалзан үзсэн зөрчилт асуудлыг зөв шийдвэрлэх хэрэг гарна. Ихэнх тохиолдолд шугаман ангиллын

дүрэм, эсвэл энгийн логик шийдлийн дүрмийг хэрэглэх нь тохиромжтой байдаг.

Шугаман ангиллын дүрэм нь дараах үндсэн хоёр зарчмыг баримтална. Үүнд: гиперхавтгайн арга, зайн үнэлгээний арга [3].

Зайн аргыг хэрэглэх үед оролтын дүрсийн вектор ба эталон дүрс бүрийн векторын хоорондох *ялгаварын модулийн квадрат* тодорхойлогдоно.

$$D_j^2 = |\vec{X} - \vec{\mu}|^2 = (\vec{X})^2 - 2 \left[\vec{X}\vec{\mu} - \frac{1}{2}(\vec{\mu})^2 \right] \quad (8)$$

Энд: $j=1,2,\dots,M; D_j$ - оролтын дүрс ба j –р эталон дүрсийн вектор хоёрын хоорондын зай.

Зайн минимумыг олохдоо (8) тэгшитгэлийн ялгаварын 2 дахь гишүүний максимумаар тодорхойлж болно.

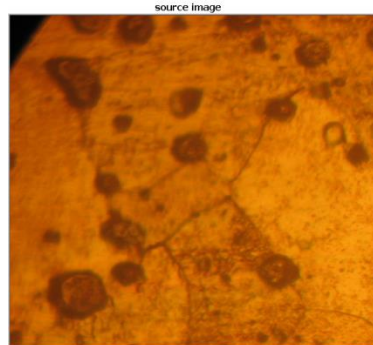
Үүнээс хэрэв

$$\sum_{i=1}^N (\mu_i^j - \Delta\mu_i^j)^2 \leq \max \left(\vec{X}\vec{\mu} - \frac{1}{2}(\vec{\mu})^2 \right) \text{ бол } \vec{X} \in K_s \text{ ба} \\ \max \left(\vec{X}\vec{\mu} - \frac{1}{2}(\vec{\mu})^2 \right) \leq \sum_{i=1}^N (\mu_i^j + \Delta\mu_i^j)^2 \text{ йна.} \quad (9)$$

Үгчилбэл: “Хэрвээ $\max(g_i)$ нь s -р ангилалын эталон дүрсийн хэлбэлзлийн хязгаарт багтаж байвал тухайн цэг s -р ангилал болох K_s -д хамаарна.” Энэ бол микрошлифийн дүрсээр металлын бүтцийг тодорхойлох алгоритм юм.

III. ТУРШИЛТ, СУДАЛГАА

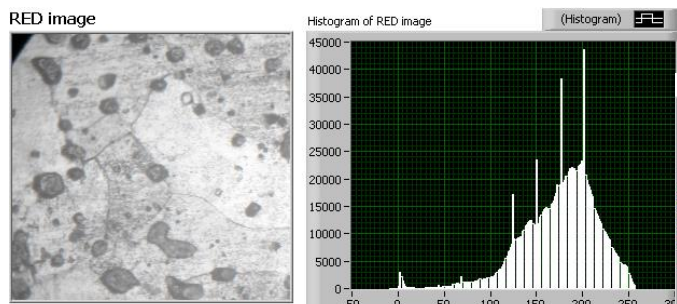
- Илэрхийлэл (9) алгоритмыг хэрэгжүүлэх програмыг LabView програм хангамж ашиглан зохиосон бөгөөд программын ажлын үр дүнг дор харууллаа.



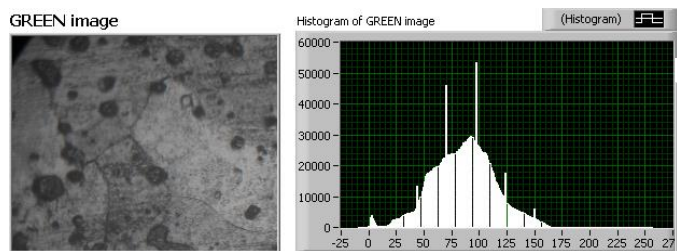
Зураг 1. Оролтын дүрс

- Судалгааны материалаар Шинжлэх ухааны академийн Физикийн техникийн хүрээлэнгийн Ш. Наранцэцэгийн бэлтгэсэн хүрэл сорьцын зургыг ашиглалаа. /Зураг 1/.

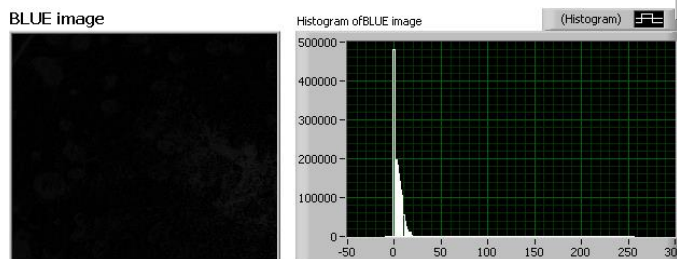
- Зургын бүрэлдэхүүнийг R, G, B дүрсийн матрицанд хөрвүүлсэн үр дүнг зураг 2-т харуулав.



Зураг 2.а R матрицын утга, түүний гистограм

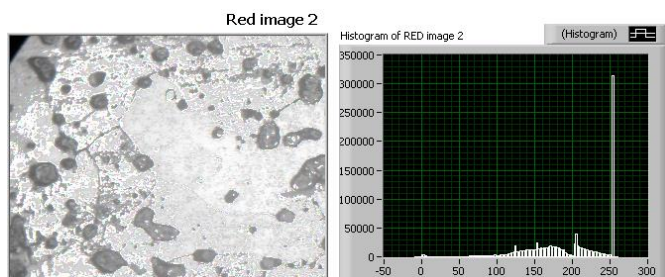


Зураг 2.б G матрицын утга, түүний гистограм

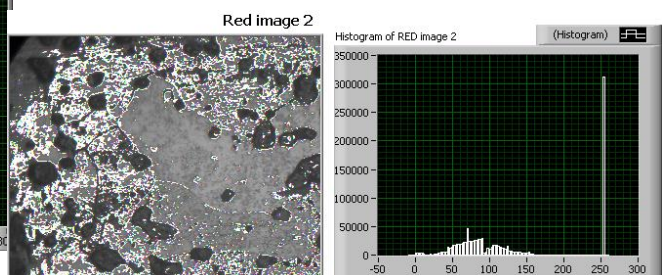


Зураг 2.в B матрицын утга, түүний гистограм

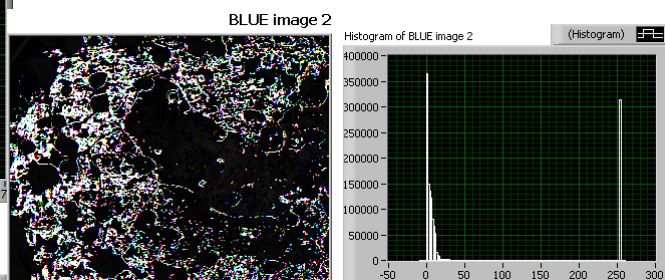
- Эталон дүрсийн векторуудыг $\mu_p^R = 65 \pm 10$, $\mu_q^G = 233 \pm 15$, $\mu_p^B = 185 \pm 15$ болон $\mu_q^R = 187 \pm 15$, $\mu_q^G = 106 \pm 14$, $\mu_q^B = 11 \pm 9$ хэмээн туршилтын дүнд сонгож авсаны үр дүнг зураг 3-т харуулав. Үүнд p эталоны хязгаарт багтах мужийг хар өнгөөр, q эталоны хязгаарт багтах мужийг цагаан өнгөөр илэрхийлсэн.



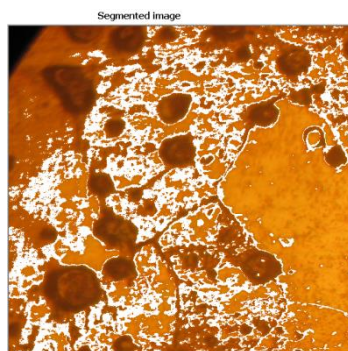
Зураг 3.а Бүлэглэлтийн дараах R матрицын утга, түүний гистограм



Зураг 3.б Бүлэглэлтийн дараах G матрицын утга, түүний гистограм



Зураг 3.в Бүлэглэлтийн дараах B матрицын утга, түүний гистограм



Зураг 3.г Үндсэн дүрсэнд q эталоны мужийг тэмдэглэсэн үр дүн.

IV. ДүГНЭЛТ

2-р зургаас тодорхойлсон гистограмм дээр ангилал тус бүрийн цэгүүдийн гэрэлтлэгийн эталон болох утгууд тодоор ялгаран гарсан максимумуудаар нь ил харагдаж байна. Гэвч энэ нь ямар нэгэн хольцын эталон болж чадаж байгаа эсэхийг олон давтсан нарийн шинжилгээгээр тогтоох ёстой юм. Өнөөдөр энэ шинжилгээ хараахан хүрэлцээтэй болж чадаагүй

учир энэ нь тэр хольцных, тэр нь тэр хольцны эталон гэж баттай хэлэх боломж байхгүй. Ганц баттай хэлж чадах зүйл бол “Боловсруулсан арга, бүтээсэн техник тавигдсан зорилгыг биелүүлж чадах боломжтой болжээ” гэсэн дүгнэлт болно. Үүний баталгааг бид 3-р зургаас харж болно.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ю.Цэдэнсүрэн, Ц.Сугир, Металл хийцийн найрлагын цэвэршлийг тодорхойлох асуудалд, Эрдэм шинжилгээний бичиг №2/114, ШУТИС, КТМС, 2010; Эрдэм шинжилгээний бичиг №10, Улаанбаатар Дээд Сургууль, 2010
- [2] Yu. Tsedensuren, Ts.Sugir, Ts.Munkhtuya; 'To question of video image pre-processing for classification analysis', International Conference EICTHE-2011 Emerging ICTs in Higher Education Proceedings, Ulaanbaatar Mongolia July 8-10.2011.
- [3] Ю.Цэдэнсүрэн, “Разработка методов выделения объектов исследования в микроизображении” диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, 1993 , Улсын номын сан