

Замын Хөдөлгөөний Дүрс Бичлэгт Сайжруулсан Морфологийн Шүүрийн Ашиглалт болон Зарим Үр Дүн

Г.Мөнхжаргал, Б.Дамдинсүрэн, Х.Уянга

Электроникийн салбар, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль

Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль

Улаанбаатар, Монгол

damdinsuren@must.edu.mn, g.munkhjargal@must.edu.mn, me_870920@yahoo.com

Хураангуй—Энэхүү эрдэм шинжилгээний өгүүлэлд бид Тайвань-Монголын Хамтарсан Төслийн хүрээнд хийгдэж буй Улаанбаатар хотын замын хөдөлгөөний ачаалалыг хянах, тээврийн хэрэгслийг илрүүлэх, тоолох систем, мөн дүрс бичлэгт тээврийн хэрэгслийг илрүүлэхийн тулд бидний санал болгож буй шинэ морфологийн шүүрийн хөгжүүлэлт, бусад стандарт шүүрүүдтэй хийсэн харьцуулалт, туршилт, болон зарим үр дүнгийн талаар өгүүлэх болно. Шинэ шүүрийн гол зорилго бол камерны чичиргээ болон орчин тойрны жижиг хөдөлгөөн болох явган хүн, модны найгах хөдөлгөөнөөс үүсэх шуугианыг сайтар шүүж арилгах, харин тээврийн хэрэгслийг хэвээр үлдээхэд оришино. Бид Улаанбаатар хотын замын удирдлагын төвөөс авсан дүрс бичлэг болон өөрсдийн бичиж авсан дүрс бичлэг дээр туршилт хийж бусад морфологийн шүүрүүдтэй харьцуулахдаа PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) буюу хоёр зургийн хоорондоо ижил төсөөтэйг илэрхийлэх хэмжигдэхүүнийг ашигласан. Туршилтын үр дүнд манай шүүрийн PSNR нь бусад стандарт шүүрүүдтэй харьцуулахад илт давуу буюу 21.39 гарсан. Цаашилаад, шинэ шүүрийг тээврийн хэрэгсэл илрүүлэлтэнд ашиглахад үр дүн нь бусад стандарт шүүрүүдтэй ижил буюу 100% илрүүлэлттэй гарсан. Шүүрийн тооцоолох хугацаан нь бусад шүүрүүдээс арай их гарсан хэдийч цаашид алгоритмыг илүү боловсронгуй болгосонгоор зарцуулах хугацаа буурах тооцоо гарсан. Эндээс үзэхэд, шинэ шүүрийг тээврийн хэрэгсэл илрүүлэлтэнд ашиглахад нэн тохиромжтой байна мөн зөвхөн тээврийн хэрэгсэл таних биш бусад хэрэглээнд ч хэрэглэх боломжтой юм.

Түлхүүр үг—шинэ арга; дүрсийн боловсруулалт; тоон шүүр; тээврийн хэрэгсэл илрүүлэх;

I. ОРШИЛ

Дүрсийн боловсруулалт нь компьютерийн шинжлэх ухаанд үнэтэй хувь нэмэр оруулж олон олон салбарт хэрэглэгдэж өргөжин тэлж байна. Дүрс бичлэгнээс өгөгдөл авснаар роботыг өөрөө явах болон алсаас удирдах, мөн түүнчлэн эд юмсын өгөгдлийг компьютерт оруулах зэрэг нь улам бүр боловсронгуй хялбар болсоор байна. Харин ингэж дүрс бичлэгнээс өгөгдөл авахад тулгардаг том асуудал бол шуугиан юм. Энэ салбарын хөгжилд гарч ирсэн шуугианыг дарах олон аргууд бий болсон ба үүнээс

дурьдвар морфологийн нээх, хаах (morphology opening, closing), [1, 2] медианы арга гэх мэт аргууд бий болсон. Морфологийн нээх, хаах аргыг хэрэгжүүлэхийн тулд түүний элэгдүүлэх болон өргөжүүлэх үйлдлийг дарааллан хийх хэрэгтэй. Эдгээр аргууд нь одоо ч хэрэглэгддэг боловч бүгд тодорхой чиглэлийн дагуу хэрэглэгддэг. Математик морфологи нь дүрс бичлэгийн шуугианыг дарах сайн аргуудын нэг ба дүрс бичлэгийн кадр болгон дээр хэрэглэгчийн тодорхойлж өгсөн хэлбэртэй цонх (маск) гүйлгэж шуугианыг дардаг арга юм [3, 4, 5]. Морфологийн аргын цонхны хэлбэрийн хувьд одоогоор дөрвөлжин, эллипс, чагт гэсэн хэлбэрүүд байдаг [6, 7]. Мөн түүнчлэн морфологийн аргын шүүр нь тодорхой хэмжээтэй биетийн шуугианыг дарах нөхцөлд түлхүү ашиглагддаг. Морфологийн нээх арга нь цагаан пикселийг дарж шуугианыг арилгах боловч биет лүү орсон хар пикселийг томруулах сул талтай. Харин морфологийн хаах арга нь цагаан биетэд орсон хар пикселийг арилгах дээр тулгуурлан шуугиан дардаг. Энэ хоёр арга нь морфологийн үндсэн элэгдүүлэх, өргөжүүлэх гэсэн үйлдэл дээр тулгуурлан гарч ирсэн байдаг.

Медианы шүүр бол сонгодог аргуудын нэг гэж хэлж болно. Пиксел бүрийн хувьд түүнийг хүрээлэн буй пикселийн дундаж утгыг байрлуулж шуугиан дарах арга юм. Энэ арга нь өнгөт зурган дээр ихэвчлэн хэрэглэгддэг ба үр дүн төдийлөн сайн биш байдаг. [8, 9, 10]

II. АРГА ЗҮЙ

Бидний танилцуулж байгаа арга бол морфологийн аргатай төстэй боловч тооцооллын хувьд өөр юм. Морфологийн элэгдүүлэх (1) болон өргөжүүлэх (2) аргын математик загварчлалын $G(x, y)$ нь хоёр хэмжээст (2-D) хар цагаан зураг, $B(x, y)$ хайх цонхыг илэрхийлэх ба элэгдүүлэх болон өргөжүүлэх нь дараах загвартай [11]:

$$(G \oplus B)(x, y) = \max\{G(x-i, y-j) + B(i, j) \mid (i, j) \in D_B\} \quad (1)$$

$$(G \ominus B)(x, y) = \min\{G(x-i, y-j) + B(i, j) \mid (i, j) \in D_B\} \quad (2)$$

Үүнээс морфологийн нээх (3), хаах (4) үйлдлийн математик тэмдэглэгээ нь:

$$G \circ B = (G \ominus B) \oplus B \quad (3)$$

$$G \bullet B = (G \oplus B) \ominus B \quad (4)$$

Бидний санал болгож буй арга нь квадрат гүйдэг цонх үүсгэж түүгээр дүрс бичлэгийн цэг тус бүрийг шалгаж тухайн цэг нь шуугиан уу эсвэл дохио юу гэдгийг шийддэгээрээ морфологийн аргуудтай ижил, харин тооцооллын хувьд өөр ба дараах алгоритмаар ажиллана.

Алгоритмын pseudo code.

1. while давталт дуустал цэг болгоноор цонх гүйх
 - 1.1. if сэжигтэй цэг $x(1,1)$ -г цагаан цэг олдсон
 - 1.2. $S =$ гүйх цонхны нийт цагаан цэгийн тоо
 - 1.2.1. if $S < n^2/2$ /цагаан цэгийн тоо цонхны талбайгаас бага/
 - 1.2.2. $x(1,1)$ цэгийг харлуулах
 - 1.2.3. end if
 - 1.3. end if
2. end while

Энд гүйдэг цонх нь $n \times n$ гэсэн 2 хэмжээст квадрат матрицаар илэрхийлэгдэнэ, боловсруулалт хар цагаан буюу хоёртын зураг дээр хийгдэх тул, хэрэв цэг цагаан бол 1, харин хар бол 0 гэсэн утга авна гэж үзье. Шалгагдах буюу сэжигтэй цэгийн байрлал нь $x(1,1)$ буюу гүйдэг цонхны 1-р эгнээ, 1-р багана дээр байна. Бидний гүйдэг цонх кадрын баруун дээд булангаас эхлэж сэжигтэй цэгийг шалгаж эхлэнэ. Сэжигтэй цэг хар өнгөтэй байвал тухайн цэгийг хэвээр үлдээж цонх баруун тийш нэг цэгээр шилжиж дараагийн цэгийг шалгана. Ингэж шилжиж явсаар кадрын хамгийн зүүн талын цэгийг шалгасны дараа хоёр дугаар мөрний эхний цэг рүү шилжиж шалгалтыг үргэлжлүүлнэ. Харин сэжигтэй цэг цагаан өнгөтэй байвал цонхон доторх бүх цагаан цэгийн тоо S -г тооцож олно, хэрэв $S > n^2/2$ буюу цонхон дахь цагаан цэгийн тоо цонхны бүх цэгийн тооны талаас их байвал тухайн сэжигтэй цэгийг дохио гэж үзээд тухайн цэгийг цагаанаар нь үлдээнэ, харин эсрэгээрээ $S \leq n^2/2$ байвал тухайн сэжигтэй цэгийг шуугиан гэж үзээд устгана. Сэжигтэй цэгийн математик томъёоллыг ерөнхий тохиолдолд доорх байдлаар илэрхийлнэ.

$$S = \sum_{i,j}^{i+n} x(i,j) \quad (5)$$

$$x(i,j) = \begin{cases} 1, S > \frac{n^2}{2} \\ 0, otherwise \end{cases} \quad (6)$$

III. ТУРШИЛТ БОЛОН ҮР ДҮН

Шинэ аргыг Улаанбаатар Хотын Замын Удирдлагын Төвөөс авсан дүрс бичлэг болон өөрсдийн хийсэн дүрс

бичлэг дээр тээврийн хэрэгсэл илрүүлэх зорилгоор туршилт хийж үзсэн. Тээврийн хэрэгсэл илрүүлэхийн тулд бичлэгийн шуугианыг аль болох бага байлгах шаардлага тавигддаг. Энэ хэсгийн эхэнд шинэ шүүрийн туршилт, харьцуулсан судалгаа дараа нь тээврийн хэрэгсэл илрүүлэлтэнд шинэ шүүрийн ашиглалтын талаар оруулсан болно.

2015 оны 11 сард Улаанбаатар хотод хийгдсэн бичлэгийн нэг кадрыг Зураг 1 дээр харууллаа, кадрын хэмжээ нь 622×441 , формат нь png. Зурган дээр хоёр урсгалтай замын зүүн урсгалаар тээврийн хэрэгслүүд алсаас нааш чиглэн ирж байна, энэхүү зургийн ар фон салгасан зураг буюу хөдөлгөөнтэй цэгүүдийн зургийг Зураг 2 дээр харуулсан байна. Бид шүүрийн чанарыг нүдэнд харагдахуйц байдлаар үзүүлэхийн тулд хамгийн шуугиан ихтэй кадрыг камерын чичиргээтэй үеийн бичлэг дээрээс зориуд сонгож авсан болохоор зураг дээр их хэмжээний шуугиан харагдаж байна. Харин камер чичиргээгүй үед ихэнх тохиолдолд зөвхөн хөдөлгөөнтэй объект буюу тээврийн хэрэгсэл болон явган хүн л харагдаж байсан. Харин Зураг 3 дээр, Зураг 2 дээрх шуугианыг гар аргаар арилгаж зөвхөн тээврийн хэрэгслүүдийг үлдээсэн болно, энэ зургийг бид шүүрүүдийн үр дүнг хэмжихдээ контрол зургаар ашигласан. Зураг 4 дээр, ар фон салгасан зураг (Зураг 2) дээр 10дб хэмжээтэй Гауссийн цагаан шуугиан нэмсний дараах зургийг харуулсан байна. Харин Зураг 5-8 нь шинэ арга, морфологийн нээх, морфологийн хаах, болон медианы шүүрээр шүүгдсэн үр дүнгүүд болно. Эдгээр үр дүнгүүд нь тухайн шүүр дээр хийгдсэн олон туршилтын үр дүнгүүдээс хамгийн сайн буюу хамгийн их шуугиан дарагдсан хувилбарууд юм. Зурган дээрээс харахад, шинэ арга болон морфологийн нээх аргууд бусад хоёр аргуудаас илүү сайн шуугиан дарсан байна, цаашлаад шинэ арга нь бусад гурван аргуудаас илт давуу шуугиан дарж байна. Мөн шинэ арга нь шуугианыг сайн дарж байгаагаас гадна шүүрийн процессийн явцад тээврийн хэрэгслийн хэлбэр дүрсэд их өөрчлөлт хийж танигдахгүй түвшинд хүргэхгүй байгааг бас харж болно.



Зураг 1. Эх зураг



Зураг 2. Ар фон салгасан зураг



Зураг 3. Шуугиангүй зураг



Зураг 4. Ар фон салгасан зураг дээр Гауссын шуугиан нэмэгдсэний дараа.



Зураг 5. Шинэ аргаар Зураг 4-г шүүсэн үр дүн, гүйдэг цонхны хэмжээ 8×8 .



Зураг 6. Морфологийн нээх аргаар Зураг 4-г шүүсэн үр дүн, эллипс төрөл, хэмжээ 2×2 .



Зураг 7. Морфологийн хаах аргаар Зураг 4-г шүүсэн үр дүн, эллипс төрөл, хэмжээ нь 2×2 .



Зураг 8. Медианы шүүрээр Зураг 4-г шүүсэн үр дүн, параметер 5.

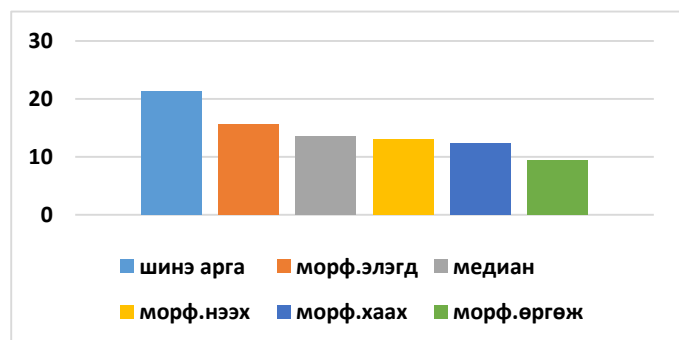
Эх зураг болон шүүгдээд гарсан зураг хоёрын ялгааг тоон үзүүлэлтээр гаргахдаа дундаж квадрат алдаа (Mean Squared Error-MSE)-г тооцож олсон.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (Y_{i,j} - S_{i,j})^2 \quad (7)$$

Түүний дараагаар PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)-ийг тодорхойлсон:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) dB \quad (8)$$

PSNR-ийг гаргаж ирснээр бид шүүгдээд гарсан зураг маань эх зурагтайгаа хэр ойролцоо байгааг тоон үзүүлэлтээр харж болно, зургууд хоорондоо адил төстэй байх тусам PSNR их гардаг, харин зөрүүтэй байх тусам PSNR бага гардаг. Зураг 8 дээр бидний шинэ шүүр болон стандарт шүүрүүдийн харьцуулалтыг PSNR-аар харуулсан байна. Хүснэгтэнд морфологийн элэгдүүлэх, болон өргөжүүлэх хоёр аргыг нэмж оруулсан. Шинэ аргын PSNR нь 21.39 гарсан нь бусад аргуудаас илт их байна. Харин хамгийн бага PSNR нь морфологийн өргөжүүлэх арга байна.



Зураг 8. PSNR харьцуулалт

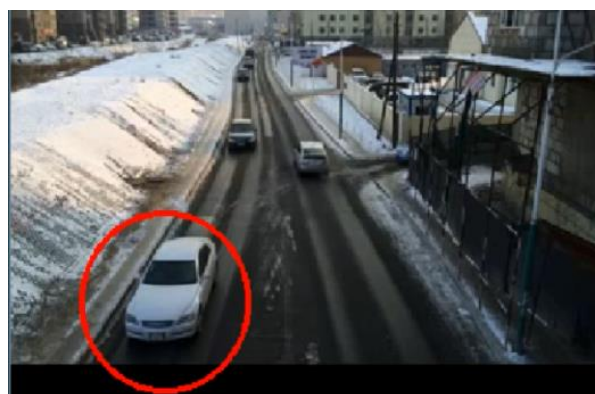
Тухайн шүүр ямар хэмжээгээр цагаан цэгийг хорогдуулж байгааг шүүгдэхээс өмнөх болон шүүгдсэний дараах хар цагаан цэгийн тооноос харж болно (Хүснэгт 1). Энэхүү хүснэгтээс харахад шинэ арга нь цагаан цэгийг хамгийн ихээр хорогдуулж байна. Шуугиан нэмсэн зурган дээр 22162 цагаан цэг байсан бол шинэ аргын дараа 4212 цагаан цэг үлдсэн байна, энэ нь медианы шүүрээс 4, морфологийн хаах аргаас 5, харин морфологийн нээх аргаас 3 дахин бага цагаан цэг үлдээж байна. Цагаан цэгийг их хэмжээгээр бууруулах нь хэрэгтэй мэдээллийг устгах аюултай ч бидний тээврийн хэрэгсэл илрүүлэх хэрэглээнд онцтой аюул учруулахгүй байна.

Хүснэгт 1.

Хистограм утгуудын харьцуулалт

Зураг	Цагаан цэг	Хар цэг	Нийлбэр
Эх зураг	17525	256777	274302
Цэвэр зураг	4474	269828	274302
Шуугиан нэмсэн зураг	22162	252140	274302
Шинэ арга	4212	270090	274302
Морф. өргөжүүлэлт	49680	224622	274302
Морф. элэгдүүлэлт	5874	268428	274302
Морф. нээх	11792	262510	274302
Морф. хаах	19450	254852	274302
Медиан	16427	257875	274302

Тээврийн хэрэгсэл илрүүлэх процесс нь Эх Зураг→Ар Фон Салгах (Хар цагаан зураг үүснэ)→Шүүх→Блоб Илрүүлэлт→Дагах гэсэн алхамаар явагддаг. Зураг 9 нь тээврийн хэрэгсэл илрүүлэлт хийж буй дүрс бичлэгээс авсан нэг кадр юм. Тээврийн хэрэгсэл илрүүлэлт хийх хэсэг буюу сонирхож буй талбай нь кадрын доод хагас байхаар тохиргоо хийгдсэн. Иймд зөвхөн кадрын доод хагаст орж ирсэн тээврийн хэрэгсэл илрүүлэгдэж бусад тээврийн хэрэгсэлүүд илрүүлэгдэхгүй гэсэн үг. Бид шинэ арга болон бусад стандарт аргуудыг тээврийн хэрэгсэл илрүүлэлтэнд ашиглахад бүх тохиолдолд тээврийн хэрэгсэлийг 100% илрүүлсэн.



Зураг 9. Тээврийн хэрэгсэлийн илрүүлэлт

Шинэ шүүр болон бусад шүүрүүдийн тооцоолох хугацааг Хүснэгт 2 дээр харуулсан байна. Хүснэгтээс харахад шинэ шүүр нь хамгийн удаан буюу морфологийн нээх шүүрээс 5.07 дахин их хугацаа зарцуулж байна.

Хүснэгт 2.

Тооцоолох хугацаа

Шүүр	Хугацаа (мкс)
Шинэ шүүр	6560
Морф. өргөжүүлэх	363
Морф. элэгдүүлэх	336
Морф. нээх	1293
Морф. хаах	739
Медиан	393

IV. Дүгнэлт

Бидний дэвшүүлж буй шинэ арга нь тээврийн хэрэгслийн илрүүлэлтэнд ашиглахад нэн тохиромжтой гэдэг нь туршилтын үр дүнд бусад стандарт шүүрүүдээс өндөр PSNR-тай, мөн тээврийн хэрэгсэл илрүүлэлтэнд ашиглахад 100% илрүүлэлттэй гарсанаар харагдсан. Мөн цагаан цэгийн тоог хамгийн ихээр бууруулж буй ч тээврийн хэрэгсэлийн хэлбэр дүрсэнд их хэмжээгээр нөлөөлөөгүй нь сайн тал байсан. Цаашид алгоритмыг боловсронгуй болгосноор тооцоолох хугацааг 2-3 дахин бууруулах боломжтой нь анхан шатны үр дүнгээс харагдсан.

REFERENCES

[1] Yang lirui, Ding Runtao “Morphological filters with multiple structuring element.” China 1991 international conference on circuits and Systems, June 1991, Shenzhen China

[2] Che Hong, Sun Longhe “The optimized design and application of circular morphological filter” 2009 DOI 10.1109/GCIS.2009.119 pp. 257-261

[3] Lijun Zhang, Lixin Zhang, Jianhong Yang, Min Li “Adaptive morphological filter to fault diagnosis of gearbox” National natural science foundation of China no. 51005015, 51004013, 50905013 pp. 70-73

[4] F. Cheng and A. N. Venetsanopoulos “An Adaptive Morphological Filter for Image Processing” IEEE Transactions on image processing vol. 1 no. 4 October 1992 pp. 533-539

[5] Wang Xiuli, Nan YiMin “A morphology filter to impulse noise based on adaptive optimizing the values of structure element” Advanced computer theory and engineering, August 2010, vol. 5

[6] Zhang Xiang-guang LIU Yun Wang Chuan-xu “Filter design based on the theory of the generalized morphological filter with omnidirectional structuring element ” Eight ACIS international conference on software engineering, artificial intelligence, networking, and parallel distributed computing pp. 255-258, 2007

[7] Petros Maragos, Ronald W. Schafer “Morphological filters-part II: their relation to median, order-statistic, and stack filters” IEEE transactions on acoustic, speech, and signal processing, vol. assp-35, no. 8, August 1987

[8] Kenneth R. Castleman “Digital image processing” NJ: Prentice-hall 1996

[9] Ji Zhen “A novel mathematical morphology filter and its performance analysis in noise reduction” Chinese journal of electronics, 2005 pp.68-72

[10] Windyga P S. “Fast impulsive noise removal” IEEE trans, image processing, 2001 pp. 173-179

[11] Quiling Wang, Lixin Wu, Zhihua Xu, Hong Tang, Ran Wang, Fashuai Li “A progressive morphological filter for point cloud extracted from UAV image” IGARSS 2014, pp. 2023-2026