

Сканнердсан Зургийн Эргэлтийг Засах Хялбар Арга

Д.Бямбажав, Э.Шүрэнцэцэг
Монгол Улсын Их Сургууль
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн
Сургууль, Улаанбаатар, Монгол
byambajav@yahoo.com, shurentsetseg888@yahoo.com

Хураангуй— Бид энэ судалгааны ажлаар сканнер ашиглан зураг хэлбэрт оруулсан олон хуудастай ном болон бусад бичиг баримтын эргэлтийн гажилтыг бага хугацаанд автоматаар илрүүлж засварлах арга боловсруулахыг зорьсон.

Бичиг баримт сканнердах үед зураг хазайх ба шилжилтын гажилт үүсэх нь маш түгээмэл тохиолдол бөгөөд энэ нь хүний нүдэнд тод харагдахаас үл анзаарагдам хүртэл байдаг. Гажилт нь уншиж ашиглахад төвөг учруулдаг ба тухайн бичиг баримтыг боловсруулах, тэмдэгт таних системд ашиглахад бэрхшээл учруулдаг.

Зургийг тодорхой өнцгийн мужид эргүүлж эргэлт тус бүрт хажуу ирмэгээс эхний мөр хүртэлх зайг олж тэдгээрээс хайзайсан өнцгийг илрүүлэх арга боловсруулан туршсан.

Судалгааны ажлын хүрээнд хэвтээ, босоо проекц ашиглан эргэлт илрүүлэх, градиент ийн гистограм ашиглан эргэлт илрүүлэх, Хааф хувиргалт ашиглан илрүүлэх, Фурье хувиргалт ашигласан өнцөг илрүүлэх техникүүдийг судалж, өөрийн дэвшүүлж буй аргатай ижил төстэй эргэлт илрүүлэх техникүүдийг туршиж, хурд болон эргэлтийг зөв илрүүлэх чадварыг нь харьцуулсан.

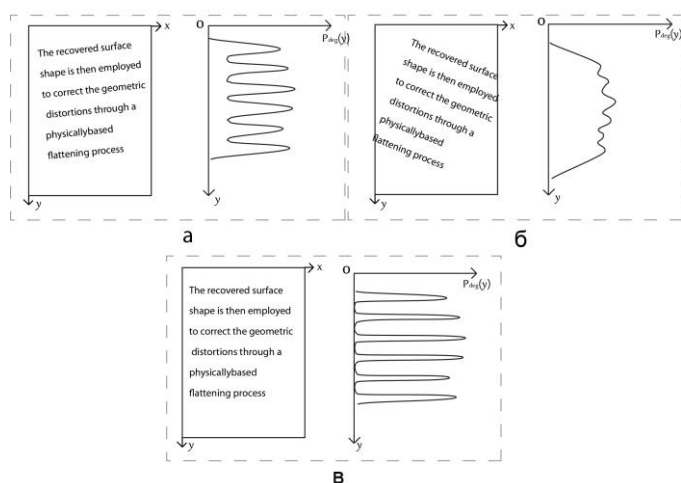
Түлхүүр үгс— проекцох, хазайлт, эргэлт, өнцөг илрүүлэх, дүрс боловсруулалт, сканнердсан зураг

I. УДИРТГАЛ

Техник технологи хөгжиж мэдээллүүд асар ихээр цахим хэлбэрт шилжиж буй энэ үед сканнердсан ном бичиг баримтыг хүн бүр компьютер, гар утас гэх зэрэг төхөөрөмжүүд дээр унших нь өдөр тутмын хэрэглээ болжээ. Үүнээс улбаалан бид өдөр тутамдаа бичиг баримтуудыг зураг (цахим хэлбэр, pdf файл) болгон хөрвүүлэхдээ хэрэглэхэд хялбар хөдөлгөөнт камер, сканнер, гар утас зэрэг төхөөрөмжүүдийг өргөн ашигладаг[1]. Эдгээр төхөөрөмжүүдийг ашиглаж бичиг баримтыг хөрвүүлэх үед эргэлт, алслалт зэрэг геометр гажилт[2]-аас гадна хажуу хуудасны ирмэг хүрээ орох, нугасны сүүдэр орох, арын хуудасны бичиг давхар харагдах зэрэг тооцологдохгүй гадны нөлөөлөлд өртөх нь элбэг байдаг[3]. Энэ нь олон хуудастай номыг цахим хэлбэрт оруулахад ихээхэн бэрхшээл болдог ба хэrvээ эдгээр нөлөөллийг арилгахыг хүсвэл нэг бүрчлэн гараар засварлах шаардлага тулгардаг эсвэл зориулалтын

төхөөрөмжийг худалдан авах шаардлагатай байдаг. Эргэлт засах хажуу хуудасны илүүдэл хэсгийн арилгах зэрэг үйлдлийг дүрс боловсруулах техник ашиглан автоматаар хийж гүйцэтгэвэл цаг хугацааны хувьд асар том хэмнэлт гарах ба эдгээр засварлагдсан бичиг баримтуудыг оптик тэмдэгт таних системийн тусламжтай цахим хэлбэрт оруулахад нэн чухал ач холбогдолтой юм.

Дээр хэлсэнчлэн сканнердсан зураг тодорхой өнцгөөр хазайсан байх нь түгээмэл ба энэ нь үл анзаарагдам нэгээс бага градусаас хэдэн арван градусаар хэмжигддэг. Зураг дээрх бичвэрийн эргэлтийг тооцоолохдоо [4]-д градиент вектор ашиглаж, [5]-д Фурье хувиргалтын спектор ашиглаж, [6]-д Хааф хувиргалт ашиглажээ. Эдгээр аргууд нь ямарч эргэсэн гажилттай зургийн эргэлтийн өнцгийг алдаа багатай, зургийг талбараас хамааралгүй нарийвчлал сайтай илрүүлдэг техникүүд юм. Гэсэн хэдийч математик тооцоолол ихтэй, болвсруулах хугацаа их зарцуулдаг учраас олон хуудсыг дарааллан засварлахад цаг хугацаа их ордог. Иймээс математик тооцоолол багатай хялбар арга боловсруулахыг зорилоо. Судалгааны явцад эргэлтийн өнцөг илрүүлэх гурван аргыг туршин судаллаа.



Зураг 1. Цагийн зүүний эсрэг, цагийн зүүний дагуу, эргэсэн болон эргэлтгүй зургийн проекцуудыг тоймлон харуулав.

Эндээс харахад эргэлтгүй зургийн проекц нь хамгийн өндөр, мөн проекцуудын оргил хоорондох зай хамгийн их байдаг.

II. СУДАЛЖ ТУРШИГДСАН АРГУУД

A. Хаафын хувиргалт

Шугаман Хааф арга нь хоёр хэмжээст массивыг ашигладаг, зургийн цэг бүрийг дайрсан боломжит өнцгөөр хазайлгасан шулуунуудыг татан, уг шулуунд төв буюу эхлэл болгон авсан цэгээс хэр (R) зайнд ямар (θ) тэгтга өнцөгт оршин байгаа өгөгдлийг цуглуулан нягтрал, давхцалыг тодорхойлох замаар текстийн мөрийг болон мөрийн хазайсан өнцгийг тодорхойлдог. Хаафын хувиргалт нь зургийн эргэлтийг илрүүлдэг гол аргын нэг билээ. Бичиг баримтын тоон зургийн эргэлтийг илрүүлэхэд хэрэглэдэг энэ гол аргыг туршиж өөрийн дэвшүүлж буй судалгааны аргатай хугацаа болон нарийвчлалыг харьцуулахыг зорилго.

B. Хамгийн өндөр проекцийн арга

Эргэлт илрүүлэх үндсэн хоёр аргыг туршин судлав. Тус аргууд нь проекц (projection profile)-ийн тусламжтай өнцөг илрүүлэх ба зургийг томъёо 1-д үзүүлсэн мужид харгалзах θ_{deg} өнцгөөр эргүүлж, эргэлт тус бүрт харгалзах проекцод шинжилгээ хийх юм.

$$\theta_{deg} = \{-\theta_{lim} : \theta_{lim}\} \quad (1)$$

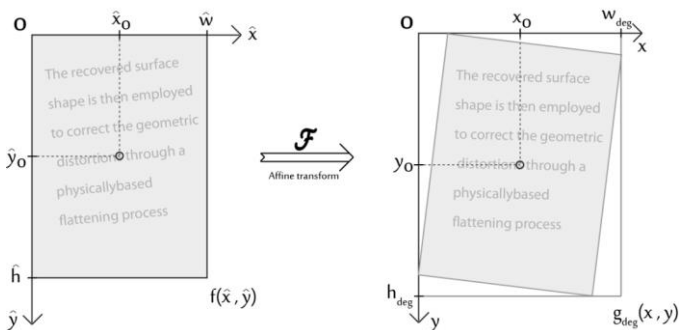
Зургийг эргүүлэхдээ томъёо 2-д үзүүлсэн функц ашиглана.

$$F : f(\hat{x}, \hat{y}) \rightarrow g_{deg}(x, y) \quad (2)$$

Томъёо 2-ийг задалбал:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{deg} & \sin \theta_{deg} \\ -\sin \theta_{deg} & \cos \theta_{deg} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x} - \hat{x}_0 \\ \hat{y} - \hat{y}_0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

болно. Энд үзүүлсэн x_0, y_0 -нь тус зургийн төв цэгийн координат юм. Зураг2-с харна уу.

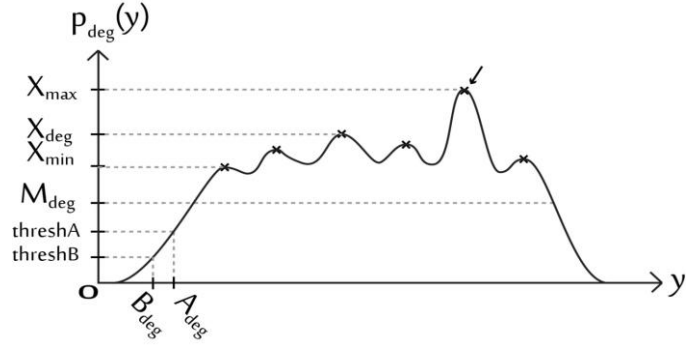


Зураг2. Эргүүлэх процессыг дүрслэн үзүүлэв.

Эндээс үүсэх $g_{deg}(x, y)$ зургийн проекц $P_{deg}(y)$ -г олбол

$$P_{deg}(y) = \sum_{x=1}^{w_{deg}} |g_{deg}(x, y) - 255| \quad (4)$$

болох ба эндээс бид $P_{deg}(y)$ функц тусламжтай шулуун илрүүлэх аргуудыг хэрэгжүүлэх болно. Тус функц нь $f(\hat{x}, \hat{y})$ -ээс хамаарч ямар хэлбэртэй байхыг зураг 3-д үзүүлэв.



Зураг3. Босоо тэнхлэгийн дагуух проекц

Хэвтээ тэнхлэгийн дагуух проекц авч байгаа учраас тухайн нэг мөрийн проекц хамгийн их байна гэж үзэж энэ аргыг дэвшүүлж байна зураг 1-д эргэсэн болон эргээгүй үеийн проекцийг харуулав. Үүний тулд Зураг 3-д харуулснаар $P_{deg}(y)$ функцийн максимум цэгүүд буюу $X = \{X_{min}, \dots, X_{deg}, \dots, X_{max}\}$ олонлогийг олох шаардлагатай. Үүний тулд нэгдүгээр эрэмбийн ялгавар авсанаар $P_{deg}(y)$ -ийн максимум, минимум байх утгууд 0-тэй тэнцүү байх ба томъёо 6-д үзүүлсэн нөхцөлийг хангах X цэгүүдийг авна.

$$\Delta p(y) = P_{deg}(y+1) - P_{deg}(y) \quad (5)$$

$$X = \{ \Delta p(y) = 0; \} \quad (6)$$

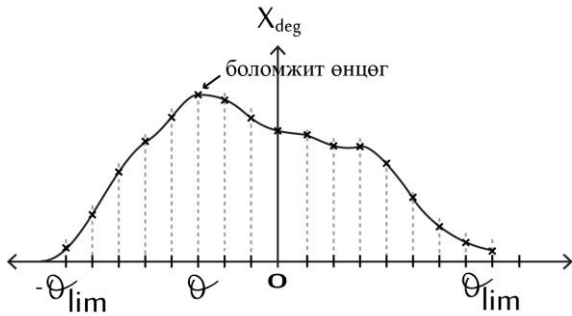
Тухайн зургийн гадна хүрээ, хуудасны сүүдэр зэргээс шалтгаалан хэвтээ болон босоо тооцоолоогүй хэт өндөр максимум утга байхаас сэргийлж дунджаас хэт хазайсан X_{max} цэг үүсэх боломжтой учраас түүнийг максимум олонлогоос гадна үлдээх шаардлагатай. Томъёо 7,9-д дээрхи үйлдлийг хэрхэн гүйцэтгэхийг үзүүлэв.

$$X = \{X_{min}, \dots, X_{deg}, \dots, X_{max}\} \quad (7)$$

$$X_{max} = \max(X) \quad (8)$$

$$X_{deg} = \max(X/X_{max}) \quad (9)$$

Эндээс эргүүлсэн θ_{deg} өнцөг тус бүрт харгалзах X_{deg} -ээс хамаарсан функц үүсгэх ба хэлбэрийг зураг 4-д харуулав.



Зураг 4. θ_{deg} өнцөг тус бүрт харгалзах X_{deg} -ээс хамаарсан функцийн хамаарал

C. “Хамгийн бага квадрат арга ашигласан шулуун илрүүлэх” арга

Сканнердсан зургийн хэвтээ тэнхлэгтэй перпендикуляр шулуунуудын дагуу бичвэрийн мөртэй огтлолцож буй хамгийн эхний цэгүүдийн координатыг олж тэдгээр цэгүүдтэй хамгийн ойрхон шулууныг “Хамгийн бага квадрат арга” ашиглан олсон арга юм [14].

D. Ирмэг булангийн арга

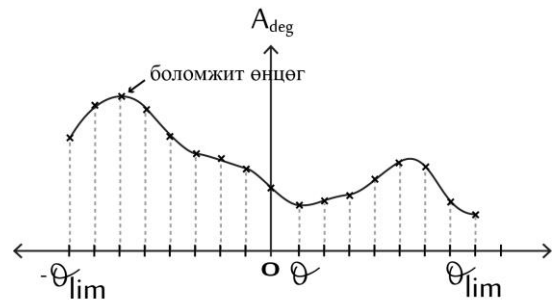
Хэвтээ тэнхлэгийн дагуу проекц авч байгаа учраас, ирмэгээс проекцын эхний булан хүртэлх зай нь эхний мөр хүртэлх зайг төлөөж чадна. Хамгийн эхний мөр ирмэгтэй параллел буюу эргэлтгүй байх тусам ирмэгээс проекцын булан хүртэлх зай нь хамгийн их байна. Өөрөөр хэлбэл ирмэгээс булан хүртэлх зайн өөрчлөлтөөс эргэлийг засах арга юм. Үүний тулд бид томъёо 10-аар $P_{deg}(y)$ функцийг дундажийг олбол

$$M_{deg} = \frac{1}{h} \sum_{y=1}^{h_{deg}} P_{deg}(y) \tag{10}$$

болох бөгөөд M_{deg} -г ашиглан мөр хүртэлх зайг хэмжих болгонд утгыг сонгож авна.

$$threshA = \frac{M_{deg}}{10}, threshB = \frac{M_{deg}}{20} \tag{11}$$

Үүний дараа бид $P_{deg}(y)$ функцийг утга $threshA$ босго утгыг давах у тэнхлэгийн хамгийн эхний утга A_{deg} -г олж болно. Эхний аргын адил эргүүлсэн θ_{deg} өнцөг тус бүрт харгалзах A_{deg} -ээс хамаарсан функцийг үүсгэх боломж бүрдэх ба хэлбэрийг зураг 5-д харуулав.



Зураг 5. θ_{deg} өнцөг тус бүрт харгалзах A_{deg} -ээс хамаарсан функцийн хамаарал

III. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

Доорх хүснэгт 1-т “Хаафын хувиргалт ” ашигласан аргын эргэлтийн өнцөг, нарийвчлал, хугацааны хамаарлыг харуулав.

ХҮСНЭГТ 1: ЭРГЭЛТИЙН ӨНЦӨГ, НАРИЙВЧЛАЛ, ХУГАЦААНЫ ХАМААРАЛ

№	Бодит өнцөг	Илрүүлсэн өнцөг	Алдаа	Нарийвчлал	Хугацаа (секунд)
1	0	0	0	100%	0.874
2	1	1	0	100%	0.872
3	2	2	0	100%	0.880
4	3	3	0	100%	0.886
5	4	4	0	100%	0.882
6	5	5	0	100%	0.909
7	10	10	0	100%	1.302
8	20	20	0	100%	1.597
9	30	30	0	100%	1.897
10	-1	-1	0	100%	1.096
11	-2	-2	0	100%	0.997
12	-3	-3	0	100%	1.016
13	-4	-4	0	100%	1.043
14	-5	-5	0	100%	1.004
15	-10	-10	0	100%	1.387
16	-20	-20	0	100%	1.547
17	-30	-30	0	100%	1.816

Доорх хүснэгт 2-т “Хамгийн өндөр проекцийн” арга эргэлтийн өнцөг, нарийвчлал, хугацааны хамаарлыг харуулав.

ХҮСНЭГТ 2: ЭРГЭЛТИЙН ӨНЦӨГ, НАРИЙВЧЛАЛ, ХУГАЦААНЫ ХАМААРАЛ

№	Бодит өнцөг	Илрүүлсэн өнцөг	Алдаа	Нарийвчлал	Хугацаа (секунд)
1	1	1	0	100%	0.197
2	2	2	0	100%	0.198
3	3	3	0	100%	0.199
4	4	4	0	100%	0.199
5	5	5	0	100%	0.202
6	10	10	0	100%	0.215
7	20	20	0	100%	0.395
8	30	30	0	100%	0.434
9	-1	-1	0	100%	0.204
10	-2	-2	0	100%	0.206
11	-3	-3	0	100%	0.202
12	-4	-4	0	100%	0.205
13	-5	-5	0	100%	0.206
14	-10	-10	0	100%	0.217
15	-20	-20	0	100%	0.402
16	-30	-30	0	100%	0.446

Доорх хүснэгт 3-т “Хамгийн бага квадрат арга ашигласан шулуун илрүүлэх” аргад суурилсан мөр илрүүлэх аргын эргэлтийн өнцөг, нарийвчлал, хугацааны хамаарлыг харуулав.

ХҮСНЭГТ 3: ЭРГЭЛТИЙН ӨНЦӨГ, НАРИЙВЧЛАЛ, ХУГАЦААНЫ ХАМААРАЛ

№	Бодит өнцөг	Илрүүлсэн өнцөг	Алдаа	Нарийвчлал	Хугацаа (секунд)
1	0	0.001	0	100%	0.803
2	1	0.991	0.991	99%	0.785
3	2	1.955	0.978	98%	0.788
4	3	2.994	0.998	100%	0.785
5	4	4.027	0.007	99%	0.773
6	5	4.995	0.999	100%	0.793
7	10	9.977	0.998	100%	1.016
8	20	19.943	0.997	100%	1.219
9	30	29.933	0.998	100%	1.412
10	-1	-1.064	0.064	94%	0.811
11	-2	-2.029	0.015	99%	0.806
12	-3	-3.018	0.006	99%	0.758
13	-4	-4.034	0.008	99%	0.798
14	-5	-5.046	0.009	99%	0.758
15	-10	-9.827	0.983	98%	1.020
16	-20	-19.404	0.970	97%	1.227
17	-30	-28.874	0.962	96%	1.392

Доорх хүснэгт 4-т дэвшүүлж буй Ирмэг булангийн арга эргэлтийн өнцөг, нарийвчлал, хугацааны хамаарлыг харуулав.

ХҮСНЭГТ 4: ЭРГЭЛТИЙН ӨНЦӨГ, НАРИЙВЧЛАЛ, ХУГАЦААНЫ ХАМААРАЛ

№	Бодит өнцөг	Илрүүлсэн өнцөг	Алдаа	Нарийвчлал	Хугацаа (секунд)
1	1	1	0	100%	0.212
2	2	2	0	100%	0.219
3	3	3	0	100%	0.215
4	4	4	0	100%	0.223
5	5	5	0	100%	0.219
6	10	10	0	100%	0.212
7	20	20	0	100%	0.433
8	30	30	0	100%	0.472
9	-1	-1	0	100%	0.216
10	-2	-2	0	100%	0.217
11	-3	-3	0	100%	0.221
12	-4	-4	0	100%	0.224
13	-5	-5	0	100%	0.228
14	-10	-10	0	100%	0.229
15	-20	-20	0	100%	0.435
16	-30	-30	0	100%	0.494

Дүгнэлт

Энэ судалгааны ажлаар сканнердсан зургийн эргэлтийг илрүүлдэг түгээмэл хэрэглэгддэг аргуудыг судалж туршив. Үүнд “Хаафын хувиргалт”, “Хамгийн өндөр проекц”-ын арга, “Хамгийн бага квадрат арга ашигласан шулуун илрүүлэх” аргууд юм. Эдгээр аргуудаас хамгийн хурдан нь “Хамгийн өндөр проекц”-ын арга буюу дунджаар 0,255 секундэд нэг зургийн эргэлтийг илрүүлж зассан бол “Хамгийн бага квадрат арга ашигласан шулуун илрүүлэх” арга нь хамгийн бага алдааны хувьтай байв.

Харин дэвшүүлж буй ирмэг булангийн арга нь 0,279 секундэд нэг зургийн эргэлтийг зассан ба алдааны тэг хувьтай байв. Мөн энэ чиглэлээр өнөөг хүртэл олон судалгаа хийгдсэн байдаг ч проекцоос зай хэмжиж эргэсэн өнцгийг илрүүлдэг арга хийгдээгүй байна. Тиймээс энэ арга нь судалгааны шинэ арга болсон. Мөн олон хуудастай сканнердсан ном зэргийг автоматаар бүгдийг засах нь хүний ажлыг маш их хөнгөвчилсөн, цаг хугацаа хэмнэсэн ажил болно. Жишээлбэл мэргэшсэн хүн гараар эргэсэн зургийг Фотошоп программаар дунджаар 20 секундэд тэгшилж засдаг гэвэл 200 ширхэг зургийг нэг цагийн хугацаанд засна. Тэгвэл бид үүнийг Матлаб программын тусламжтай автоматаар хийвэл 3 минутанд хийх боломжтой.

Судалгааны үр дүнд (2032x2617) харьцаатай зургаас өнцгийн эргэлтийг дунджаар 100% хувийн нарийвчлалтай илрүүлсэн (Dual Core 2.93GHz). Цаашид геометр гажилтийг илрүүлж тэгшилсэн сканнердсан зурагнаас шуугиангүй цэвэр хэсгийг таньж ялган авах боломжийг судална.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Michael Hsueh, "Interactive Text Recognition and Translation on a Mobile Device", EECS Department University of California at Berkeley, Technical Report No. UCB/EECS-2011-57, May 13, 2011
- [2] Li Zhang, Andy M. Yip, Chew Lim Tan, "A Restoration Framework for Correcting Photometric and Geometric Distortions in Camera-based Document Images", Department of Mathematics National University of Singapore, IEEE International Conference on Computer Vision, 2007
- [3] Khalil Ibrahim Alsaif, Montaha Tariq Alsarraj, "New Technique for Skew Angle Detection of Text in Image Document" Department of Computer Science College of Computer & Mathematic Science, Mosul University of IRAQ, International Journal of Information Technology and Business Management, ISSN 2304-0777, August 29, 2013. Vol.16 No.1
- [4] S. R. Fountain, T. N. Tan, K. D. Baker, "A Comparative Study of Rotation Invariant Classification and Retrieval of Texture", ImagesComputational Vision Group, Department of Computer Science, The University of Reading, Reading RG6 6AY, National Laboratory of Pattern Recognition, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing, British Machine Vision Conference
- [5] Mandip Kaur, Simpel Jindal, "An Integrated Skew Detection And Correction Using Fast Fourier Transform And DCT", Yadavindra college of Engineering, Talwandi Sabo, India, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 2, ISSUE 12, DECEMBER 2013 ISSN 2277-8616
- [6] D. S. Bloomberg, G. E. Kopec and L. Dasari, "Measuring document image skew and orientation," SPIE Conf 2422: Document Recognition II, pp. 302-316, San Jose, CA, Feb. 1995.
- [7] Ayatullah Faruk Mollah, Nabamita Majumder, Subhadip Basu and Mita Nasipuri "Design of an Optical Character Recognition System for Camera-based Handheld Devices", School of Mobile Computing and Communication, Jadavpur University, Kolkata, India, Department of Master of Computer Applications, MCKV Institute of Engineering, Howrah, India Department of Computer Science and Engineering, Jadavpur University, Kolkata, India, IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 4, No 1, July 2011 ISSN (Online): 1694-0814
- [8] L.Jagannathan, C.V.Jawahar, "Perspective Correction Methods for Camera-Based Document Analysis", Center for Vsual Information Technology International Institute of Information Technology Gachilbowli, Hyderabad, India
- [9] Zhang junyou, "A Quickly Skew Correction Algorithm of Bill Image", College of Transportation and Vehicle Engineering, Shandong University of Technology Zibo, PR China, Third International Conference on Information and Computing 2010
- [10] Mi-Ae Ko, Young-Mo Kim, "A simple OCR method from strong perspective view", Department of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University, Proceedings of the 33rd Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR'04), 1550-5219/04 IEEE
- [11] Mitchell L. LOEB, George R. STILWELL, " An Algorithm for Bit-Skew Correction in Byte-Wide WDM Optical Fiber Systems", Senior member of IEEE, Journal of Lightwave Technology, VOL. 8, NO. 2, February 1990, 0733-8724/90/0200-0239 1990 IEEE
- [12] Liang Junjuan, Tan Guoxin, "An Efficient Algorithm for Skew-Correction of Document Image Based on Cyclostyle Matching", Engineering Research Center for Education Information Technology, Huazhong Normal University, Wuhan, China, 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering
- [13] Shijian Lu, Chew Lim Tan, Department of Computer Science, School of Computing National University of Singapore, "Automatic Detection of Document Script and Orientation", grant no. 0421010085
- [14] Р.Амартүвшин, Д. Нанзадрагчаа, М.Баярпүрэв, "Арм компьютер дээрх веб камер ашигласан тэмдэгт LCD уншигч", Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль, Монголын Мэдээллийн Технологи- 2014, Эрдэм Шинжилгээний Хурлын Эмхэтгэл, хуудас 57