



ХЭРЭГЛЭЭНИЙ МАТЕМАТИК 2025

эрдэм шинжилгээний хурал



УЛААНБААТАР

2025-12-06

Гарчиг

Хурлын тухай	2
Хамрах хүрээ	2
Зохион байгуулагч	2
Зохион байгуулах комисс	2
Эрдэм шинжилгээний зөвлөл	2
Хурлын хөтөлбөр	3
Хураангуй	6

Хурлын тухай

Тус эрдэм шинжилгээний хурал нь математик, статистикийн онол, практик хэрэглээний асуудлыг хэлэлцэж, мөн бусад салбарт тулгарч байгаа асуудлыг математик арга аргачлалаар үр ашигтай шийдвэрлэх, арга туршлага солилцох, хамтын ажиллагааг өргөжүүлэх зорилготой.

Хамрах хүрээ

- Тооцон бодох математик
- Оновчлол, оновчтой удирдлага, динамик систем
- Магадлалын онол, статистик
- Дифференциал тэгшитгэл
- Математик загварчлал, эрсдэлийн шинжилгээ
- Логистик, үйлдлийн шинжилгээ, симуляци
- Их өгөгдөл, машин сургалт дахь математикийн хэрэглээ

Зохион байгуулагч

МУИС-ийн Мэдээллийн Технологи, Электроникийн Сургуулийн
Статистик, хэрэглээний математикийн тэнхим

Зохион байгуулах комисс

Н.Пүрэвцогт, Д.Намжилмаа, Г.Махгал, М.Хулан, Г.Нарангоо,
М.Ануударь

Эрдэм шинжилгээний зөвлөл

М.Мэнд-Амар (МУИС),
С.Батбилэг (МУИС),
Ж.Энхбаяр (МУИС)

Хурлын хөтөлбөр

08:30 – 09:00	Бүртгэл МУИС, Төв байр, Эрдмийн өргөө дугуй заал
	Нээлт ба үндсэн илтгэл 📍 Эрдмийн өргөө дугуй заал 👤 Ж.Энхбаяр
09:00 – 09:10	Нээлт МУИС-ийн МТЭС-ийн захирал Б.Ганбат МТЭС-ийн СХМТ-ийн эрхлэгч Д.Баянжаргал
09:10 – 09:40	Д.Баянжаргал (МУИС, МТЭС), <u>А.Галтбаяр</u> (МУИС, МТЭС), Н.Пүрэвцогт (МУИС, МТЭС) Хэрэглээний математикийн салбарын өнөөгийн байдал, цаашдын зорилт
09:40 – 10:10	<u>О.Цэрэнбат</u> (МУИС, МТЭС) Статистикийн сургалт, судалгааны үүсэл хөгжил өнөөгийн байдал
10:10 – 10:30	<u>Л.Алтангэрэл</u> (МГТИС), Математикийн олон улсын хамтын ажиллагааны зарим боломж
10:30 – 10:50	Цайны завсарлага
	Инженерчлэл ба Технологи 📍 Эрдмийн өргөө дугуй заал 👤 С.Батбилэг
10:50 – 11:10	<u>Э.Дэлгэрмаа</u> (ШУА, МТТХ), Г.Цогзолмаа (Калифорний Их Сургууль, АНУ), Б.Отгонсүвд (ШУА, МТТХ) Монгол Улсын хүн амын эрт илрүүлгийн үзлэгийн өгөгдөлд хийсэн өвчлөлийн тархалт ба эрсдэлийн шинжилгээ

11:10 – 11:30	Б.Мөнхнаран (МУИС, МКУТ), М.Бат-Эрдэнэ (АШУҮИС, НАСС), М.Мэнд-Амар (МУИС, СХМТ) Шүдний зургаас амны хөндийн эрүүл мэндийн урьдчилсан оношилгоог хийх нь
11:30 – 11:50	Uranchimeg S. (MUST, SAS) Underground Pipe Leakage Detection Using EIT Reconstruction Imaging with a Slice-Based Technique
11:50 – 12:10	Д.Мөнх-Эрдэнэ (КАБЦК) HHL квант алгоритм, хиймэл оюун
12:10–13:30	Үдийн хоолны завсарлага
	Оновчлол, Тоглоомын онол, Эдийн засаг 📍 Эрдмийн өргөө дугуй заал 🧑 Н.Пүрэвцогт
13:30 – 13:50	С.Батбилэг (МУИС, МТЭС), С.Мөнхзул (МУИС, МТЭС) Нүүрсний олигополь зах зээл дэх импорт-экспортын стратегийн хоёр шатлалт оновчлолын загвар
13:50 – 14:10	С.Батбилэг (МУИС, МТЭС), Р.Энхбат (ШУА, МТТХ), Н.Гунгалаг (МУИС, БС) Олон зорилтот оновчлолын олигополь зах зээлийн хэрэглээ
14:10 – 14:30	Б.Лхагважаргал (СЭЗИС) Төрөлтөөс үүдэлтэй туршлагаа алдах суваг бүхий эдийн засгийн өсөлтийн загвар, тоон туршилт
14:30 – 14:50	Bazarragchaa Barsbold (NUM, SITE), Dovdon Batsuuri (University of Humanities), Dorjkhoo Enkhtaivan (Agula LLC) A Distributed Algorithm for Solving the Non-concave Network Utility Maximization Problem
14:50–15:10	Цайны завсарлага



Математик загварчлал, Анализ

📍 Эрдмийн өргөө дугуй заал 🧑 М.Мэнд-Амар

15:10 – 15:30

Б.Төмөрхуяг (ШУА МТТХ, МУИС МТЭС),
Б.Батгэрэл (ШУА МТТХ), А.Энхбаяр (МУИС МТЭС)

Халдварын хоёр хувилбарт загварт зориулсан
стандарт бус төгсгөлөг ялгаварт схем

15:30 – 15:50

Ж.Сонинбаяр (МУИС, СХМТ), Х.Бямбажав (БСС, МУБИС)

Шварц-Кристоффелийн интегралыг конформ
буулгалтад ашиглах Куфаревын арга, хэрэглээ

15:50 – 16:10

Т.Баяртөгс (ШУТИС), Б.Хурцбаатар (ШУТИС)

Шахмал түлшний дулаан дамжуулалтын математик
загвар

16:10 – 16:30

Б.Анхбаяр (Иватегийн их сургууль, Математик
физикийн тэнхим), Кавасаки Шүжи (Иватегийн их
сургууль, Математик физикийн тэнхим), А.Энхбаяр
(МУИС, МТЭС, СХМТ)

Пауссоны хуулиар тархдаг суперкритик салаалах
процессын мартингейл нийлэлт дэх ассимптот
тархалтын шинжилгээ

16:30 – 16:50

Davaajargal Jargalsaikhan (Institute of Mathematics
and Digital Technology, Mongolian Academy of Sciences),
Enkhbat Rentsen (Institute of Mathematics and Digital
Technology, Mongolian Academy of Sciences)

Inverse Sphere Packing Problem

16:50–17:00

Хаалт & Нэрийн хуудас солилцох

Хураангуй

Хэрэглээний математикийн салбарын өнөөгийн байдал, цаашдын зорилт

Д.Баянжаргал¹, А.Галтбаяр¹, Н.Пүрэвцогт¹

¹МУИС, СХМТ

МЭӨ 3000 гаруй жилийн өмнөөс үүдэлтэй математикийн ухаан хөгжлийн янз бүрийн шатуудыг дамжин өнөөдрийн түвшинд ирсэн. Түүхэн хөгжлийн үе шатуудыг үзэхэд анх одон орон, газар, татварын тооцоолол зэргээс үүдэлтэйгээр эхэлж, аажмаар абстракт шинжлэх ухааны түвшинд хүртлээ хөгжиж ирсэн юм. Гэвч абстракт математикийн шинжлэх ухаан нь заавал хэрэглээний шинж чанар бүхий бодлогуудаас үүдэлтэй байжээ. Математикийн онолын болон хэрэглээний салбарууд нь өөр өөрсдийн замаар хөгжих явцдаа хэрхэн бие биеэсээ уялдаатайгаар хөгжиж ирсэн талаарх мэдээллийг энэхүү илтгэлд он цагийн хэлхээгээр тоймлон тусгалаа.

Мөн Монголын хэрэглээний математик, статистикийн салбарын хөгжлийн түүхэн үе шат болон өнөөгийн хүрсэн үр дүн, цаашдын судалгааны чиглэлийн саналуудыг гадаадын улс орнуудын болон аж үйлдвэрийн хувьсгалын өнөөгийн нөхцөл байдалтай уялдуулан тодорхойлохыг зорьсон болно.

Түлхүүр үгс: хэрэглээний математик, статистик

Статистикийн сургалт, судалгааны үүсэл хөгжил, өнөөгийн байдал

О.Цэрэнбат

МУИС, СХМТ

Монгол улсын ардын багш, профессор Лувсанцэрэнгийн Шагдар 1954 онд Москвагийн Улсын Их сургуулийн дэргэдэх аспирантурыг дүүргэж, Марковын процессын олон улсын хэмжээний том мэргэжилтэн профессор

Е.В.Дынкийн удирдлага доор "Марков маягийн гауссын стационар процессын үл мэдэгдэх параметрийн үнэлэлт ба итгэх завсрын асимптот чанар" сэдвээр физик-математикийн ухааны докторын (Ph.D) зэрэг нь Монгол улсад магадлалын онол, математик статистикийн салбар үүсэн хөгжих эхлэл болсон юм.

Л.Шагдар багшийн үүсгэсэн шавь сургуулиас магадлалын онол, математик статистикийн чиглэлээр цөөнгүй эрдэмтэд төрөн гарсан бөгөөд тэдгээр эрдэмтдийн судалгааны хамгийн чухал үр дүнгүүдээс энэхүү илтгэлд тусгасан болно. Тухайлбал

- Марков маягийн Гауссын стационар процессын үл мэдэгдэх параметрийн үнэлэлт ба итгэх завсар
- Бүтээгдэхүүний чанарын статистик шалгалт
- Хи-квадрат маягийн статистикуудын хязгаарын тархалт, хязгаарын тархалт руугаа нийлэх нийлэлтийн хурд
- Амьдрах хугацааны тархалтын би-сплайн үнэлэлт

зэрэг судалгааны чиглэлүүдийн хүрсэн үр дүнгийн талаар багтаасан болно.

Түлхүүр үгс: статистик, магадлалын онол, санамсаргүй процессын онол

Монгол Улсын хүн амын эрт илрүүлгийн үзлэгийн өгөгдөлд хийсэн өвчлөлийн тархалт ба эрсдэлийн шинжилгээ

Э.Дэлгэрмаа¹, Г.Цогзолмаа², Б.Отгонсүвд¹

¹ШУА-ийн Математик, тоон технологийн хүрээлэн

²Калифорний Их Сургууль, АНУ

Монгол Улсын Засгийн газраас өвчлөлийг бууруулах, эрт үеийн оношилгоо, эмчилгээний хүртээмжийг сайжруулах зорилгоор хүн амын дунд урьдчилан сэргийлэх болон өвчний эрт илрүүлгийн үзлэг, шинжилгээг 2022 оноос эхлэн үндэсний хэмжээнд зохион байгуулж байна. Судалгаанд урьдчилан сэргийлэх, эрт илрүүлгийн шинжилгээнд хамрагдсан нийт 447,409 хүний эмнэлзүйн онош, биеийн үзүүлэлт болон ерөнхий мэдээлэл бүхий өгөгдлийг ашиглан статистик болон машин сургалтын аргаар дүн шинжилгээ хийсэн. Түүнчлэн нас, орон сууцны нөхцөл, боловсролын

түвшин, гэр бүлийн байдал, биеийн жингийн индекс (БЖИ) зэрэг хүчин зүйлсийг өвчлөлийн тархалтад үзүүлэх нөлөөллийн хүрээнд харьцуулан шинжилсэн. Өгөгдөлд хийсэн шинжилгээний үр дүнд нас ахихын хэрээр өвчний эрсдэл огцом нэмэгддэг, ялангуяа хоол боловсруулах эрхтний эмгэг, зүрх-судасны өөрчлөлт, бодисын солилцооны алдагдал өндөр хувьтай илэрч байгаа нь харагдав. Орон сууцанд амьдардаг иргэдийн дунд ходоод, улаан хоолойн эмгэг 24.7%, зүрхний цахилгаан бичлэгийн өөрчлөлт 18.9% илэрсэн нь гэрт амьдардаг хүмүүстэй харьцуулахад 3-6%-иар өндөр байлаа. Мөн ажил эрхэлдэг, тогтвортой орлоготой иргэдийн эрүүл оношлогдох хувь 26.8%, харин ажилгүй иргэдийнх 14.5% байсан нь нийгмийн хүчин зүйлс эрүүл мэндийн байдалд хүчтэй нөлөөтэй болохыг харуулж байна.

Судалгааны дараагийн шатанд бид өвчлөлийн эрсдэлийн түвшин (4 төрлийн эрсдэл: Артерийн судасны хатуурал, ЗСӨ-ийн эрсдэл, Чихрийн шижин, Бодисын солилцооны хам шинж)-ийг бусад хувьсагчдаар тайлбарлан таамаглах машин сургалтын загваруудыг туршиж, тэдгээрийн гүйцэтгэлийг харьцуулан үнэлсэн. Харьцуулсан дүнгээс харахад, бодисын солилцооны хам шинжийн эрсдэлд Random Forest загвар хамгийн өндөр буюу 85.8%, чихрийн шижингийн эрсдэлд Gradient Boosting болон Random Forest загварууд 89.7-89.8%, артерийн судасны хатуурлын эрсдэлд MLP 75.2%, ЗСӨ-ийн эрсдэлийн түвшинд MLP болон Random Forest загварууд 0.68-0.70% гэсэн өндөр нарийвчлалтай таамагласан нь эрсдэлийн төрлөөс шалтгаалан тохирох загвар өөр өөр байдгийг харуулж байна.

Иймд энэхүү судалгаа нь эрт илрүүлгийн хөтөлбөрийн өгөгдөлд суурилсан эрсдэлийн урьдчилан таамаглал болон зонхилох шинж тэмдгийн тархалтын бүтцийг шинжлэн гаргаж өгснөөр эрүүл мэндийн бодлого боловсруулагчид, салбарын мэргэжилтнүүдэд мэдээлэлд тулгуурласан шийдвэр гаргахад чухал ач холбогдолтой болно.

Түлхүүр үгс: Өгөгдөл, Logistic Regression, Random Forest, Gradient Boosting, MLP, Эрт илрүүлэг

Ашигласан материал

1. Amarjargal Dagvadorj, Baigalmaa Jantsansengee, Olukunmi O Balogun, Tovuusuren Baasankhuu, Battur Lkhagvaa. (2022). Health emergency preparedness and response to the COVID-19 pandemic: Lessons learnt

from Mongolia. The Lancet Regional Health - Western Pacific 2022;21: 100436.

2. Mohd. Zuber, Charu Khosla, Nargis Begum Javed. (2023). Housing Conditions and Their Impact on Health of Residents. Eng. Proc. 2023, 56, 46. <https://doi.org/10.3390/ASEC2023-15334>.

Шүдний зургаас амны хөндийн эрүүл мэндийн урьдчилсан оношилгоог хийх нь

Б.Мөнхнаран¹, М.Бат-Эрдэнэ², М.Мэнд-Амар³

¹МУИС, МКУТ

²НАСС, АШУҮИС

³МУИС, СХМТ

Манай улсад хүүхдийн шүдний цоорлын тархалт өндөр хэвээр байгаа нь урьдчилан сэргийлэх үзлэг, зөвлөгөөний хүртээмж хангалтгүй байгаагийн илрэл бөгөөд ДЭМБ-ын 2022 оны тайланд 1-9 насны хүүхдүүдийн 47.3% нь сүүн шүдний цооролтой байгааг тэмдэглэсэн нь бүс нутгийн хэмжээнд нэлээд өндөр юм[1]. Шүдний оношилгоонд хиймэл оюуны загварууд нэвтэрч буй боловч өндөр чанартай, бодит нөхцөлд авсан интра-орал зураг ховор байдаг нь өмнөх судалгаануудын нийтлэг дурдсан томоохон хүндрэл хэвээр байна [2-5], [9].

Энэхүү судалгааны зорилго нь хүүхдийн амны хөндийн интра-орал камерын зургийг ашиглан шүдний байрлал тодорхойлох, цоорлын түвшин илрүүлэх, мөн эрсдэлийн хүчин зүйлсийг үнэлэх гүн сургалтанд суурилсан автомат систем боловсруулах боломжийг эрэлхийлэх явдал юм.

Боловсруулж буй систем нь шүдний FDI /Дэлхийн шүдний нийгэмлэгээс гаргасан дугаарлалт/ дугаарыг таамаглах ResNet18 ангилагч, цоорлын түвшнийг (C0-C4, P, R, E, F гэх мэт) маск хэлбэрээр илрүүлэх YOLOv8n сегментчилэгч, хүүхдийн болон асран хамгаалагчийн өгөгдөлд суурилсан статистик шинжилгээ гэсэн гурван хэсгээс бүрдэнэ. Шүдний дугаар таних загварын нарийвчлал одоогоор 62.5% тай байна. Шүдний сегментчилэлийн хэсэгт өгөгдлийн санг өргөтгөсний дараа цоорлын сегментчиллийн mAP 53%-аас 83% хүртэл сайжирлаа. Гүйцэтгэлийг үнэлэхдээ олон ангиллын өгөгдөлд илүү тохирох үзүүлэлтүүд болох MCC болон бусад метрикүүдийг ашигласан [7][8].

Энэ ажил нь өмнөх судалгаанууд гол төлөв өндөр нягтаршилтай рентген болон лабораторийн стандарт зураг ашигладагтай [2][3][5][11] харьцуулахад, Монголын эмнэлгийн орчинд интра-орал камераар авсан бодит зургийг ашигласан нь практик хэрэглээнд ашиглах чадварыг нэмэгдүүлж байгаа онцлог давуу талтай. Хэдийгээр өгөгдлийн хомсдол энэ чиглэлийн суурь сорилт хэвээр байгаа ч хөгжүүлсэн систем нь эмчийн үзлэгийн процессыг хөнгөвчилж, хүүхдийн амны хөндийн эрүүл мэндийн хяналт, урьдчилан сэргийлэлтийн хүртээмжийг дээшлүүлэх бүхэн боломжтойг харуулж байна.

Түлхүүр үгс: image processing

Ашигласан материал

1. World Health Organization, Oral Health Status in the Western Pacific Region: WHO Mongolia Report. Geneva, Switzerland: WHO, 2022.
2. J. Lee, D. Kim, and W. Park, "Deep learning for dental diagnosis: A systematic review", Healthcare, vol. 9, no. 7, p. 844, 2021.
3. H. J. Chang, S. J. Lee, and Y. Kim, "Automated tooth numbering using deep CNNs on panoramic images", Scientific Reports, vol. 10, p. 21782, 2020.
4. K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep residual learning for image recognition", in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), 2016.
5. H. Li et al., "A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering", Medical Image Analysis, vol. 56, pp. 190-204, 2019.
6. FDI World Dental Federation, FDI Two-Digit Tooth Numbering System. 2018.
7. D. Chicco and G. Jurman, "The advantages of the Matthews correlation coefficient over F1 score and accuracy", BMC Genomics, vol. 21, p. 6, 2020.
8. M. Grandini, E. Bagli, and G. Visani, "Metrics for multi-class classification: A review", Information Fusion, vol. 52, pp. 37-49, 2020.
9. A. Abdi et al., "Deep learning-based caries detection using intraoral images: A YOLO approach", Diagnostics, vol. 12, no. 4, p. 995, 2022.
10. A. Yalçın and A. Seker, "Real-time tooth detection and classification using YOLOv5", Computers in Biology and Medicine, vol. 136, p. 104747, 2021.

11. O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, "U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation", in Proc. MICCAI, 2015.

Underground Pipe Leakage Detection Using EIT Reconstruction Imaging with a Slice-Based Technique

Uranchimeg S.

Department of Mathematics, School of Applied Sciences, Mongolian University of Science and Technology

Most cities around the world have a variety of underground spaces that comprise cable, natural-gas, drinking-water, and sewage pipes. However, as urbanization rapidly grows, the underground areas of most cities are expanding without sufficient information on the locations, sizes, and depths of the pipes laid in the early stages. This lack of information hinders the progress of underground projects and poses a risk of damaging unknown pipes, which may disrupt the city's drinking water or natural-gas supply. Therefore, obtaining accurate information on the underground spaces quickly is critical before developing and remodeling them.

This study proposes a framework for reconstructing leakage of underground pipelines based on EIT reconstruction imaging with a slice-based technique. The first, we use EIT reconstruction image to detect hidden leakage from the underground water distribution system.

We consider admittivity distribution

$$\gamma = \sigma + i\omega\epsilon$$

as a function of position $r(x, y, z)$. Where,

$$\begin{aligned} \gamma &: \text{admittivity} \\ \sigma &: \text{electrical conductivity} \\ \epsilon &: \text{electrical permittivity} \\ \omega = 2\pi f &: \text{angular frequency} \\ f &: \text{low frequency} \end{aligned}$$

In frequency-difference EIT measured data at two different frequency subtracted to produce images of changes in admittivity distribution with respect to frequency. We attached E electrodes on the surface of interested area Ω .

Then inject current between a selected pair of electrodes ε_j and ε_{j+1} for $j = 1, 2, \dots, E - 1$ and E with $\varepsilon_{E+1} = \varepsilon_1$. The induced electrical potentials denote by u^j in the domain Ω and potential u^j satisfies the following elliptic PDE with Neumann boundary condition.

$$\begin{cases} -\nabla \cdot \gamma \nabla u^j(r) = 0 & \text{in } \Omega \\ \int_{\varepsilon_j} \gamma \frac{\partial u^j}{\partial n} dr = - \int_{\varepsilon_{j+1}} \gamma \frac{\partial u^j}{\partial n} dr \\ -\gamma \nabla u^j n = 0 & \text{on } \partial\Omega \setminus \varepsilon_j \cup \varepsilon_{j+1} \end{cases}$$

where, n is the unit outward normal vector on $\partial\Omega$. Inject current through E pair of electrodes and measure induced voltage on the E voltage electrodes. Then we get E^2 measurements of voltages. Inverse problem of EIT inherits some technical difficulties, suffering from the ill-posed problem with limited electrode measurements, and were affected by unknown boundary geometry, uncertainty in electrode position, and systematic artifacts, even though it is able to show frequency-difference imaging by non-destructive way. We find suspected domain from difference of voltages. Then using reconstruction imaging with a slice-based technique improves the accuracy of locating the center of leakage. According to the nondestructive test results, the EIT reconstruction images generated with the slice technique can reveal the leakage layers within an underground water distribution system. Therefore EIT reconstruction imaging with a slice-based technique is an advanced, low-cost method that enhances the accuracy and functionality of leakage detection in underground pipelines.

Түлхүүр үгс: Nondestructive method, EIT reconstruction image, a slice-based technique.

Ашигласан материал

1. D.C. Barber and B.H. Brown, Applied potential tomography, J.Phys.E.Sci.Instrum., 17 (1984), pp.723-733, doi 10.1088/0022-3735/17/9/002.
2. B. Harrach, J.K. Seo, Exact shape-reconstruction by one-step linearization in electrical impedance tomography, (2010), doi 10.1137/090773970.
3. Gyesoon Park, Samgyu Park, Myeong-Jong Yi, Hyoungrae Rim, Seong-Jun Cho, Jung-Ho Kim, Geostatistical integration using 2-D electrical resistivity and 3-D gravity methods for detecting cavities in a karst area. Environ Earth Sci (2010), 60:965-974.

ННЛ квант алгоритм, хиймэл оюун

Д.Мөнх-Эрдэнэ

КАБЦК

Квант компьютерүүдийн хөгжил нь орчин үеийн тооцооллын чадамжийг үндсээр нь өөрчилж, уламжлалт компьютерүүдийн хүрэх боломжгүй хурд, нарийвчлал бүхий шийдлүүдийг бий болгож байна. Ялангуяа өндөр хэмжээний матриц, шугаман тэгшитгэлийн системүүдийг шийдэх, бодит цагт их өгөгдөл боловсруулах зэрэг үйлдлүүдэд квантын процессоруудын суперпозицийн шинж чанарууд нь асар их давуу тал болдог. Үүний үр дүнд эрчим хүчний сүлжээ, сансар огторгуй, биоинформатик, санхүүгийн загварчлал зэрэг олон салбарууд квант алгоритмуудын ачаар өмнө боломжгүй байсан хурдтай шийдэл гаргах чадвартай болж байна. 2009 онд MIT-ын 3 эрдэмтэн Harrow, Hassidim, Lloyd нар өөрсдийн нэрний эхний үсгээрээ нэрлэсэн ННЛ алгоритмыг зохиосон бөгөөд тус алгоритм нь квант тооцооллын хамгийн чухал ололтуудын нэг гэж хүлээн зөвшөөрөгддөг. ННЛ квант алгоритм нь шугаман тэгшитгэлийн системийг бодох үйл явцыг уламжлалт аргуудаас экспоненциал хурдтай гүйцэтгэх боломжийг олгодог. Энэ нь том хэмжээний системүүдийг богино хугацаанд тооцоолох зайлшгүй шаардлагатай нөхцөлд онцгой ач холбогдолтой. Тухайлбал, олон генератор болон зангилаанаас бүрдэх цахилгаан дамжуулах сүлжээнд гэмтэл гарах үед цахилгаан дахин хуваарилах, тогтворжилтын шинжилгээг богино хугацаанд хийх шаардлага тулгардаг. Хэрэв ийм тооцоолол хоцорвол хэсэгчилсэн болон томоохон хэмжээний тасалдал үүсэж, эдийн засаг, нийгэмд ноцтой хор уршиг дагуулдаг билээ. Ийм нөхцөлд ННЛ алгоритм нь системийн тэнцвэргүй байдал болон цахилгаан гүйдлийн өөрчлөлтийг хурдан тодорхойлох, мөн бүрэн болон хэсэгчилсэн тасалдлын дараах хурдан сэргээн тогтворжуулах ажиллагаанд өндөр үр нөлөөтэй хэрэгсэл болдог. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь ННЛ алгоритмын онолын үндэс, тооцооллын давуу тал, түүнийг бодит амьдралд нэвтрүүлэхэд шаардлагатай техникийн нөхцөлүүдийг тайлбарлаж, уншигчдыг алгоритмыг хэрэгжүүлэхэд бэлтгэхэд оршино. Судалгаанд алгоритмын математик суурь, квант схемийн онцлог, мэдээллийн оролт-гаралтын оновчлол зэрэг практик чухал хүчин зүйлсийг товч авч үзсэн. Квант тооцооллын хүчийг зохистой ашигласнаар энэхүү судалгаа нь ирээдүйн эрчим хүчний сүлжээний найдвартай байдал, уян хатан байдлыг нэмэгдүүлэх, мөн тасалдлын дараах шуурхай хариу арга хэмжээний чанарыг сайжруулахад хувь нэмэр оруулах

зорилготой гэж дүгнэж болохоор байна.

Түлхүүр үгс: ННЛ, квант алгоритм, хиймэл оюун

Нүүрсний олигополь зах зээл дэх импорт-экспортын стратегийн хоёр шатлалт оновчлолын загвар

С.Батбилэг¹, С.Мөнхзул¹

¹МУИС, МТЭС

Энэхүү судалгааны ажил нь нэг импортлогч болон хэд хэдэн экспортлогчоос бүрдсэн, нэг төрлийн бүтээгдэхүүн (энэхүү тохиолдолд нүүрс)-ийн олон улсын зах зээлийн экспорт, импортын харилцааны бүтэц, стратегийн оновчтой сонголтыг хэрхэн хийх талаархи загварыг авч үзнэ. Импортлогч нь нүүрсний төрөл тус бүрт үнэ болон татварын нөхцөлийг тогтоодог бол нийлүүлэгч орнууд нь өөрсдийн өртөг болон нийлүүлэх боломжийг харгалзан нийлүүлэх хэмжээг шийдвэрлэдэг. Бидний энэ судалгаанд олигополь өрсөлдөөнт зах зээлд дээр оновчтой стратегийг тооцоолохын тулд шаталсан (bilevel) оновчлолын онолыг хэрэглэж, импортлогчийн хувьд өртөгийг хамгийн бага байлгах, экспортлогчдын ашиг хамгийн их байх зорилгыг хангах тэнцвэрийг олох алгоритмыг байгуулсан.

Түлхүүр үгс: Нүүрсний зах зээл, Нүүрсний импорт-экспорт, Үнэ ба тариф, Хоёр шатлалт оновчлолын загвар, ККТ аргачлал, Алдаагүй торгуулийн функцийн (Exact Penalization Theory), Глобаль хайлтын онол, Локаль хайж шийдэх арга, Глобаль хайлтын схем

Ашигласан материал

1. Dempe, S., Zemkoho, A. (Eds.): Bilevel Optimization: Advances and Next Challenges. Springer International Publishing, Springer Nature Switzerland AG (2020)
2. Lim, S., Choi, K. Sequential Taris in Cournot and Bertrand Competition. J. Econ. Theory Econom. 35(3), 73-96 (2024).
3. Strekalovsky, A.S.: Elements of nonconvex optimization. Nauka, Novosibirsk (2003)
4. Strekalovsky, A.S.: Global optimality conditions and exact penalization. Optim. Lett. 13, 597-615 (2019).

5. Strekalovsky, A.S.: Minimizing Sequences in a Constrained DC Optimization Problem // Proc. Steklov Inst. Math. 323, suppl. 1, S255/S278 (2023)
6. Strekalovsky, A.S., Orlov, A.V.: Linear and quadratic-linear problems of bilevel optimization. SB RAS publishing, Novosibirsk (2019) (in Russian)
7. Gruzdeva, T.V., Petrova, E.G.: Numerical solution of a linear bilevel problem, Comput. Math. and Math. Physics. 50(10), 1631/1641 (2010)
8. Strekalovsky, A.S., Orlov, A.V., Malyshev, A.V.: On computational search for optimistic solutions in bilevel problems. J. Global Optim. 48, 159/172 (2010)
9. Orlov, A.V.: The global search theory approach to the bilevel pricing problem in telecommunication networks. In: Kalyagin, V.A. et al. (Eds.) Computational Aspects and Applications in Large Scale Networks, pp. 57/73, Springer International Publishing AG (2018)
10. Strekalovsky, A.S., Orlov, A.V.: Global search for bilevel optimization with quadratic data. In: Dempe, S., Zemkoho A. (Eds.) Bilevel Optimization: Advances and Next Challenges, pp. 313/334, Springer, Cham (2020)
11. Orlov A.V., Minarchenko I.M., Gruzdeva T.V. On a Bilevel Optimization Model of Electric Power Systems with a System Operator at the Upper Level // Lecture Notes in Computer Science. MOTOR 2025
12. Orlov, A.V., Strekalovsky, A.S., Batbileg, S.: On computational search for Nash equilibrium in hexamatrix games. Optim. Lett. 10(2), 369/381 (2016).

Олон зорилтот оновчлолын олигополь зах зээлийн хэрэглээ

С.Батбилэг¹, Р.Энхбат², Н.Тунгалаг³

¹МУИС, МТЭС

²ШУА, МТТХ

³МУИС, БС

Олигополь зах зээл дээр оролцогчдын өрсөлдөөнт зан төлөвийг олон зорилгот оновчлолын аргаар загварчлах нь эдийн засгийн систем дэх шийдвэр гаргалттай нягт холбоотой байдаг. Энэхүү судалгаанд Монгол, Орос, Австрали улсын коксжих нүүрсний экспортын бодит өгөгдөлд

тулгуурлан Парето оновчтой шийдийг тодорхойлох аргачлал дэвшүүлэв. Олон зорилгот оновчлолын Парето тогтворжсон шийдийг Теорем 2-ын жинлэсэн нийлмэл функцийн аргаар глобаль оновчлолын бодлого руу хөрвүүлж MATLAB орчинд тооцоолж, хоёр төрлийн үнэ-зардлын функц ашиглан туршилтын загвар боловсруулав. Туршилтын үр дүнгээс харахад коксжих нүүрсний нийлүүлэлтэд оролцогч гурван улсын оптималь экспортын хэмжээ нь үнэ-зардлын функцийн хэлбэрээс мэдэгдэхүйц хамааралтай байж, үнийн функц квадратаар өсөх үед нийлүүлэлтийн тэнцвэрийн цэгүүд өндөр утга руу шилжиж байгааг харууллаа. Судалгааны үр дүн нь олигополь шинжтэй түүхий эдийн зах зээлд оновчтой стратеги боловсруулахад ач холбогдолтой.

Түлхүүр үгс: Олигополь зах зээл, Парето тэнцвэр, олон зорилгот оновчлол, глобал шийд

Төрөлтөөс үүдэлтэй туршлагаа алдах суваг бүхий эдийн засгийн өсөлтийн загвар, тоон туршилт

Б.Лхагважаргал

СЭЗИС

Өсөлтийн экономиксийн салбарт хамгийн анх Бэkkэр (1988) хүн амын өсөлтийн түвшинг орлого, эмэгтэйчүүдийн алдагдсан боломжийн зардлаас хамаардаг эндоген хувьсагч болгож өргөтгөж, 20-р зууны дунд үед өндөр орлоготой гэр бүлүүд хүүхдийг хөрөнгө оруулалт гэж үзэж чанартай өсгөхөд анхаардаг бол доогуур орлоготой өрхүүд хүүхдийг хөдөлмөрлүүлж орлого олохын тулд олон хүүхэдтэй болдог гэж үзжээ. Бэkkэр (1990) төрөлтийн түвшинг эмэгтэйчүүдийн хүн капиталас хамааруулж үзсэн байдаг. Мөн тэрээр эмэгтэйчүүдийн боловсролын түвшин өсөхийн хэрээр цалингийн түвшин өсдөг ба хүүхэд өсгөж, хүмүүжүүлэх цагийн алдагдсан боломжийн зардал өсдөг тул төрөлтийг бууруулдаг гэж үзжээ. Тоон өгөгдөл дээр орлого, төрөлтийн түвшний хамаарлыг шинжлэхэд урвуу хамааралтай хэдий ч сүүлийн 20-иод жил хамаарлын хүч суларсан байв. Мөн эмэгтэйчүүдийн ажиллах хүчний оролцооны түвшин, төрөлтийн түвшний хамаарлыг судлахад сүүлийн 20-иод жилд төрөлтийн түвшин буурахын хэрээр эмэгтэйчүүдийн ажиллах хүчний оролцооны түвшин өссөн байв. Энэ нь өнгөрсөн зууны хандлагуудын одоо ч хэвээр байгааг илэрхийлж байв. Хүн амын өсөлтийн түвшнийг эндоген

хувьсагч болгон авч үздэг ерөнхий тэнцвэрийн орчин үеийн өсөлтийн экономиксийн салбарт Galor & Moav (2004) нь хүн капитал өндөртэй өрхүүд ба биет капитал өндөртэй өрхүүдийн хоорондын ялгаа түүхэн хөгжлийн явцад өөрчлөгдөхдөө капиталын өгөөж болон боловсролын өгөөжийн харьцааг эрс өөрчилж, үүний үр дүнд эдийн засаг хүн капиталд тулгуурласан өсөлтөд шилжсэн гэсэн механизмыг онолын хувьд тайлбарладаг. Olivetti (2014) орчин үеийн өндөр орлоготой улсуудад эмэгтэйчүүдийн хөдөлмөр эрхлэлт өндөр, төрөлт бага байх хэв шинжийг онолын хувьд тайлбарлаж чаддаг. De la Croix & Doepke (2004) нь хүүхдийн боловсролын улсын болон хувийн санхүүжилт өндөр боловсролтой өрхүүд ба бага боловсролтой өрхүүдийн төрөлтийн түвшний ялгаанд болон хүн капиталын хуримтлалын динамикд хэрхэн нөлөөлдөгийг судалсан байдаг. Харин миний хувьд өсөлтийн экономиксийн ерөнхий тэнцвэрийн загварыг нэгэн төрлийн бус өрхтэй буюу боловсролын түвшинг дээгүүр, доогуур гэж ангилан боловсролын түвшин дээгүүр эмэгтэйчүүд хүүхэд төрүүлж, өсгөх үедээ хуримтлуулсан туршлага, мэдлэгээ тодорхой хэмжээнд алдаж, тухайн хугацаанд шинээр суралцах боломжоо алддаг бол туршлага муутай эмэгтэйчүүдийн хүүхэд төрүүлж, өсгөхийн алдагдсан боломжийн зардал бага гэсэн санааг оруулж математик загварчлалыг өргөтгөв. Мөн өрхүүд хэрэглээ болон хүүхдийн тоо, хүүхдэд оруулсан хөрөнгө оруулалтаасаа ханамж авдаг байхаар тодорхойлж, уг хөрөнгө оруулалт эдийн засгийн хүн капиталын түвшинд эерэгээр нөлөөлдөг хэмээн үзэж, загварын симуляцийг хийсэн ба өндөр боловсролтой гэр бүлийн хүн амын өсөлтийн түвшин доогуур, туршлага муутай өрхийн хүн амын өсөлтийн түвшин өндөр гэсэн үр дүнг харуулав.

Түлхүүр үгс: Төрөлтийн түвшин, өсөлтийн экономиксийн ерөнхий тэнцвэрийн загвар, шугаман бус дифференциал тэгшитгэлийн динамик систем, симуляци

Ашигласан материал

1. Becker, G. S. (1989). Fertility and the economy. *Journal of Population Economics*, 2(3), 199-231.
2. Becker, G. S., Murphy, K. M., & Tamura, R. (1990). Human capital, fertility, and economic growth. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S12-S37.
3. De la Croix, D., & Doepke, M. (2004). Public versus private education when differential fertility matters. *Journal of Development Economics*,

73(2), 607-629.

4. Doepke, M. (2004). Accounting for fertility decline during the transition to growth. *Journal of Economic Growth*, 9(4), 347-383.
5. Galor, O., & Moav, O. (2004). From physical to human capital accumulation: Inequality and the process of development. *Review of Economic Studies*, 71(4), 1001-1026.
6. Olivetti, C. (2014). The female labor force and long-run development: The American experience. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 47, 1-20.

A Distributed Algorithm for Solving the Non-concave Network Utility Maximization Problem

Bazarragchaa Barsbold¹, Dovdon Batsuuri², Dorjkhuu Enkhtaivan³

¹Statistics and Applied Mathematics Department School of Information Technology and Electronics National University of Mongolia Ulaanbaatar, Mongolia

²University of Humanities Ulaanbaatar, Mongolia

³Agula LLC Ulaanbaatar, Mongolia

We consider the Network Utility Maximization Problem (NUM) with a non-concave objective function. Non-concave utility functions model inelastic traffic flows. When traffic flow is elastic, network congestion is successfully controlled by NUM-based distributed convex programming algorithms. But, when traffic flows are inelastic NUM problem has a non-concave objective function. Maximization of a non-concave function over a closed, convex set is a non-convex programming problem. In general non-convex problems are *NP*-hard for solving it. Notice that, there is talk about intractability and lack of efficient algorithms for non-convex problems even in centralized manner, with no mention about distributed ones. In this research, we slightly modify the classical formulation of the NUM problem, introducing some quadratic constraint term. Due to such modification, we propose a new convergent distributed algorithm for the non-concave NUM problem. Based on simple numerical examples we demonstrate that the algorithm successfully allocates transmission rates entire network with inelastic traffic flows.

Түлхүүр үгс: network utility, quality of service (QoS), convex optimization problem, non-convex optimization problem, distributed algorithm

Ашигласан материал

1. M. Fazel and M. Chiang, "Network utility maximization with nonconcave utilities using sum-of-squares method", in Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference 2005, Seville, Spain, December 12-15 2005, pp. 1867-1874.
2. J.-W. Lee, R. R. Mazumdar, and N. B. Shroff, "Non-convex optimization and rate control for multi-class services in the internet", IEEE/ACM Trans. Netw., vol. 13, no. 4, pp. 827-840, 2005.
3. J. Falk, "Conditions for global optimality in nonlinear programming", Operations Research, vol. 21, pp. 337-340, 1973.
4. H. Tuy, "Monotonic optimization: problems and solution approaches", SIAM Journal on Optimization, vol. 11, pp. 464-494, 2000.
5. P. Hande, S. Zhang, and M. Chiang, "Distributed rate allocation for inelastic flows." IEEE/ACM Trans. Netw., no. 6, pp. 1240-1253.
6. R. Enkhbat, B. Barsbold, and M. Kamada, "A numerical approach for solving some convex maximization problems", Journal of Global Optimization, vol. 35, pp. 85-101, Springer, 2006.
7. A. Strekalovski, "On the problem of the global extremum", Dokl. Akad. Nauk SSSR, vol. 292, no. 5, pp. 1062-1066, 1987.

Халдварын хоёр хувилбарт загварт зориулсан стандарт бус төгсгөлөг ялгаварт схем

Б.Төмөрхуяг¹, Б.Батгэрэл², А.Энхбаяр³

¹ШУА-МТТХ, МУИС-МТЭС

²ШУА-МТТХ

³МУИС-МТЭС

Халдварын тархалтын динамикийг тодорхойлох дифференциал тэгшитгэлийн системүүдийг тоон аргаар шийдвэрлэх нь математик болон тооцооллын биологийн судалгааны чухал чиглэл юм. Ийм системүүдийн шийд нь биологийн утгатай тоон хэмжээ учраас тэдгээрийг тооцооллын явцад шийд эерэг байх, нийт хүн амын тоо хадгалагдах, шийд тогтвортой байх зэрэг чанаруудыг хадгалах шаардлага үүсдэг. Стандарт схемүүд, тухайлбал Эйлериин арга, Рунге-Куттагийн уламжлалт хувилбарууд нь

том алхмын үед энэ чанаруудыг алдагдуулах тохиолдол түгээмэл байдаг. Иймд 1990 оноос хойш стандарт бус төгсгөлөг ялгаварт (NSFD) аргуудыг халдвар тархалтын загваруудад өргөн нэвтрүүлж, энэхүү асуудлыг шийдвэрлэх үр ашигтай хэрэгсэл болгон ашиглаж ирсэн.

Иймд бид тооцооллын хувьд илүү үр ашигтай стандарт бус ялгаварт схем байгуулах аргыг боловсруулж, SIR болон түүний өргөн хэрэглэгддэг өргөтгөсөн загваруудад ашигласан. Тэдгээрийн онолын шинж чанар болон тоон туршилтын үр дүнг судалсан. Эдгээр судалгаануудаас харахад уг арга нь том алхмын үед ч тогтвортой шийд өгөх, биологийн чанаруудаа хадгалах давуу талтай байсан.

Энэ удаагийн судалгаанд бид [1]-д өгөгдсөн халдварын хоёр хувилбар бүхий нарийн бүтэцтэй загварын хувьд дээрх аргийн үндсэн санааг ашиглан шинэ NSFD схем байгуулав. Онолын баталгааг хийх ба бусад аргуудтай харьцуулсан тоон туршилт хийж шинж чанаруудыг харуулахыг зорилоо. Тоон туршилтын үр дүнд шинэ NSFD схем нь том хугацааны алхам ашигласан нөхцөлд Эйлерийн стандарт арга болон хоёрдугаар эрэмбийн Runge-Kutta (RK2)-тай харьцуулахад илүү тогтвортой, илүү нарийн, мөн урт хугацааны динамикийг гажуудуулахгүй давуу талтай нь харагдсан. Бид байгуулсан схемээ нийлбэрийн хувьд алдаагүй схем гэдгийг онолын хувьд баталснаар нийт хүн амын тоо хадгалах чанарыг хангаж байгааг харуулав. Харин бусад шинж чанарууд туршилтаар батлагдаж байгаа боловч онолын хувьд бүрэн батлахын тулд илэрхийлэлд параметр хоорондын харьцаатай холбоотой шийдвэрлэх шаардлагатай хэсгүүд үлдсэн. Иймд эдгээр нь үргэлжлүүлэн судлах асуудал гэдгийг тэмдэглэж байна.

Энэхүү ажил нь халдвар тархалтын нарийн бүтэцтэй загваруудад стандарт бус схемүүдийг үр ашигтай ашиглах боломжийг харуулж, цаашид иж бүрэн онолын баталгаа болон гол үзүүлэлтийн шинжилгээг гүнзгийрүүлэх суурь болж байна.

Түлхүүр үгс: NSFD схем, Халдвар тархалтын загвар, Динамик нийцэл, Алдаагүй схем

Ашигласан материал

1. Mathematical analysis of a two-strain disease model with amplification, Md Abdul Kuddus, Emma S. McBryde, Adeshina I. Adekunle, Lisa J. White, Michael T. Meehan, Chaos, Solitons & Fractals, Vol 143, 2021.

2. R. Mickens, Nonstandard finite difference models of differential equations, World Scientific, 1994.

Шварц-Кристоффелийн интегралыг конформ буулгалтад ашиглах Куфаревын арга, хэрэглээ

Ж.Сонинбаяр

МУИС, СХМТ

Шварц-Кристоффелийн интеграл нь комплекс хувьсагчийн функцийн онолын сонгодог аргуудын нэг бөгөөд уян хатан байдлын онол, гидродинамик, аэродинамик болон цахилгаан соронзон орны тооцоолол зэрэг инженерийн олон салбарт өргөн хэрэглэгддэг. Энэхүү хувиргалт нь хагас хавтгайг дурын олон өнцөгт мужид конформ байдлаар буулгах боломжийг олгодог боловч практик хэрэглээнд "параметрийн бодлого" хэмээх томоохон бэрхшээл тулгардаг.

Тухайн интегралд оролцож буй параметрууд буюу олон өнцөгтийн оройнуудын эх дүрүүд болон талуудын уртын хамаарлыг тодорхойлох нь математикийн хувьд нийлмэл, шууд бус бодлого болдог тул урьдчилан тодорхойлогдсон олон өнцөгт рүү буулгах асуудал бүрэн шийдэгдээгүй хэвээр байна [6]. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд уг параметрийн бэрхшээлийг даван туулах онолын болон арга зүйн үндэслэлийг авч үзнэ. Параметруудийг үнэн зөв тодорхойлох нь Шварц-Кристоффелийн томъёоны хэрэглээг "универсал" түвшинд хүргэх, улмаар функцийн онол болон хэрэглээний математикт шинэ чиглэл нээх ач холбогдолтой юм.

Түлхүүр үгс: конформ буулгалт, Шварц-Кристоффелийн интеграл, олон өнцөгтүүд, Куфаревын арга - динамик систем

Ашигласан материал

1. Gutlyanskii V.Y., On conformal mapping of polygonal regions, Ukrainian Mathematical Journal, Vol. 45, No 11 (1993.), p. 1669-1680.
2. N.Nakipov, Parametric method for finding accessory parameters in generalized Christoffel - Schwarz integrals, Scientific notes of Kazan University, Series Physics and Mathematics, V. 158, No. 2. (2016.), p. 202-220.

3. Kolesnikov I.A., Definition of accessory parameters for mapping to a rectangle, Tomsk State University Bulletin, Mathematics and mechanics. Vol. 2, No 28 (2016.), p. 18-28.
4. Jambaa S., Kasatkina T.V., Bubenchikov A.M., On the determination of constants in the Schwartz - Christoffel integral by P.P.Kufarev's method, Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. Vol 5, No 43 (2016). p. 21-27.
5. Jambaa S., Kasatkina T.V., Bubenchikov A.M., Application of Kufarev method to problem of sub-soil water movement under hydraulic engineering constructions, Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics, No 47, (2017) p. 15-21.
6. Buchholz H. Electricishe und magnetische Potentialfelder / H. Buchholz. - Berlin-Gottingen-Heidelberg : Springer Verlag, 1957. - 712 S.

Шахмал түлшний дулаан дамжуулалтын математик загвар

Т.Баяртөгс¹, Б.Хурибаатар¹

¹ШУТИС

Энэхүү судалгаа нь нүүрсээр шахмал түлш үйлдвэрлэх технологийн судалгааны нэг хэсэг болгож авч үзэж байгаа боловч дулааны техник, дулаан солилцооны онолын зүгээс авч үзвэл сонирхолтой процесс юм. Дулаан солилцооны онолд чухам ийм хэлбэртэй биесийн температурын оронг тодорхойлсон байдаг. Ямар ч хэлбэр дүрстэй хатуу биеийн доторх температурын оронг тодорхойлох онолын үндэс нь дулаан нэвтрүүлэлтийн дифференциал тэгшитгэл болдог. Дулаан нэвтрүүлэлтийн Фурьегийн тэгшитгэл нь математик физикийн тухайн уламжлалт шугаман дифференциал тэгшитгэл болох мөн чанараас үүдэлтэй түүний шийдийг үржүүлэх тухай теорем байдаг болохыг бид мэднэ.

$$\theta_0 \left(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, Bi, Fo \right) = 4 \frac{(\sin \mu_1 - \mu_1 \cos \mu_1)^2}{(\mu_1 - \sin \mu_1 \cos \mu_1)^2} \cdot e^{-(2\mu_1^2 Fo)} \times \frac{\sin \left(\mu_1 \tilde{R}_1 \right)}{\mu_1 \tilde{R}_1} \cdot \frac{\sin \left(\mu_1 \tilde{R}_2 \right)}{\mu_1 \tilde{R}_2}$$

Энэ нь бидний сонирхож байгаа ижил диаметртай хоёр бөмбөрцгийн огтлолд үүссэн бодит биеийн доторх температурын тархалтыг тодорхойлох

стационар бус дулаан нэвтрүүлэлтийн Фурьегийн тэгшитгэлийн шийд юм. Дулаан нэвтрүүлэлтийг хамгийн сайн байлгахын тулд ижил диаметртай хоёр бөмбөрцгийн болон бөмбөрцгүүдийн хоорондох зайг оновчтой сонгох асуудал гарна.

$$\theta_0 \left(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, Bi, Fo \right) \rightarrow \max$$

Зууван хэлбэртэй хатуу биеийн стационар дулаан дамжуулалтын үеийн температурын тархалтыг олох илэрхийллийг Фурьегийн тэгшитгэлийг ашиглан олж түүнийгээ практикт хэрэглэхэд зохистой хэлбэрт оруулав. Шинээр гаргасан үр дүнг ашиглан түлшний шахмалын халалт, хөрөлтийн үеийн дурын цэгийн температурыг хугацааны дурын эгшинд тодорхойлох боломж бүрдсэн.

Түлхүүр үгс: Дифференциал тэгшитгэл, дулаан солилцоо, Фурьегийн тэгшитгэл

Ашигласан материал

1. Zaichik L.I., Drobyshevsky N.I., Filippov A.S., Mukin R.V., Strizhov V.F. A diffusion-inertia model for predicting dispersion and deposition of low-inertia particles in turbulent flows // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2010. V. 53. P. 154-162.
2. Волков Э.П., Зайчик Л.И., Першуков В.А. Моделирование горения твердого топлива. М.: Наука, 1994. 320 с.
3. Б.Баттөр, Т. Баяртөгс, "Бага илчлэгтэй хийгээр ажиллах хийн турбины шатаах камерын математик загвар" 2022
4. А.Түмэнбаяр, Т.Баяртөгс, "Нүүрсний хийжүүлэлтийн процессын математик загвар, үр дүн" Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхтгэл, Улаанбаатар 2018, pp48-50

Пауссоны хуулиар тархдаг суперкритик салаалах процессын мартингейл нийлэлт дэх ассимптот тархалтын шинжилгээ

Б. Анхбаяр¹, Кавасаки Шүжү², А. Энхбаяр³

¹Иватегийн их сургууль, Математик физикийн тэнхимийн докторант

²Иватегийн их сургууль, Математик физикийн тэнхимийн профессор,

Доктор

³МУИС, МТЭС, Статистик, хэрэглээний математикийн тэнхимийн профессор, Доктор.

Салаалах процесс нь хүн ам эсвэл ямар нэгэн биетийн өсөлтийг загварчилдаг стохастик процесс юм. Үр төл нь Пауссон ($\text{Pois}(\lambda)$)-ы хуулиар өсдөг, n -р үеийн нийт бодгалийн тоог $\{Z_n \mid n \in N_0\}$ гэж тэмдэглэе. Бодгаль тус бүрийн хувьд үр төлийн дундаж нь нэгээс эрс их буюу ($\lambda > 1$) үед процессыг суперкритик гэх ба үе бүрд Z_n огцом өснө. Нормчлогдсон салаалах процесс $\{W_n = Z_n/\lambda_n \mid n \in N_0\}$ -ын хувьд мартингейлийн теорем биелж, ($n \rightarrow \infty$) үед ассимптот утга W -руу бараг бүхэлдээ нийлдэг. Гэвч энэхүү ассимптот тархалтын нягтын функц нь тодорхойгүй хэвээр байна.

Уг асуудлын хүрээнд бид Лапласын хувиргалтаар үүссэн функциональ тэгшитгэлийг шинжлэх замаар мартенгейл тархалтын функцийг шинж чанарыг тодорхойлох шинэ аргачлалыг дэвшүүлсэн. Түүнчлэн ассимптот тархалтын нягтын функцэд Лагерр (Laguerre)-ийн олон гишүүнтээр дөхөн, онолын болон тоон туршилтын аргаар баталгаажуулсан. Тоон туршилтын үр дүн нь бидний тооцоолсон тархалтын нягтын функц симуляцаар үүсгэсэн бодит тархалтын нягтын функцтэй өндөр түвшинд нийлж байгааг харуулсан.

Салбарлах процесс нь санамсаргүй сүлжээний загваруудыг судлах зорилгоор биологиос гадна генетик, физик, компьютерын шинжлэх ухааны салбарт өргөн ашиглагддаг. Тухайлбал, бактери, вирус, эсийн хуваагдал, гений үе дамжсан тархалт, цөмийн урвал дахь нейтроны гинжин урвал, сүлжээн дэх мэдээллийн урсгал зэргийг нэрлэж болно. Салаалах процессоос үүдэлтэй математик загварууд нь дээрх үзэгдлүүдийг тайлбарлах, мөн ирээдүйн үйл явцыг урьдчилан таамаглахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Түлхүүр үгс: Суперкритик салаалах процесс; Лапласын хувиргалт; Лагеррийн олон гишүүнт; Абелийн тэгшитгэл; рекуррент харьцаа.

Ашигласан материал

1. Athreya, K. B., Ney, P. E. (2004). Branching Processes. Dover Publ.
2. Harris, T. E. (1963). The Theory of Branching Processes. Dover Publ.
3. Hofstad, R. (2016). Random Graphs and Complex Networks. Vol 1. Cambridge Univ. Press.

Inverse Sphere Packing problem

Davaajargal Jargalsaikhan¹, Enkhbat Rentsen¹

¹Institute of Mathematics and Digital Technology, Mongolian Academy of Sciences,

Packing problems have long been central to geometry and optimization, typically formulated as the task of placing non-overlapping spheres within a fixed container to maximize packing density [1]. In contrast, inverse packing problems reverse this perspective: the positions and sizes of the spheres are prescribed, and one seeks the smallest possible container that encloses them under specified geometric constraints. In this study, we develop a general mathematical framework for the n -dimensional inverse packing problem, viewed as a special case in which the container is an n -simplex that must enclose a given set of hyperspheres. Numerical experiments demonstrate that the proposed formulation successfully constructs minimal-area simplices enclosing given sets of disks in $n = 2$ and minimal-volume simplices enclosing given sets of spheres in $n = 3$. We express both the 2D and 3D problems as constrained nonlinear optimization tasks, where the simplex (triangle or tetrahedron) vertices serve as the decision variables. Computational results for dimensions $n = 2$ and $n = 3$ were obtained using Python in a Jupyter Notebook

Түлхүүр үгс: Packing problem, plane, hyper sphere, global optimization, inverse packing problem

Ашигласан материал

R.Enkhbat, "Convex Maximization Formulation of General Sphere Packing Problem", The Bulletin of Irkutsk State University, Series Mathematics, Vol. 31, pp. 142-149, 2020.

