

СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

***«№13 Дәріс. Сенсорлардан алынған ақпаратты өңдеудің
оптикалық әдістері»***

Оқытушы: Досбаев Жандос Махсутулы,
ЭТЖҒТ кафедрасының аға оқытушысы

Алматы 2024

Мазмұны

1. Кіріспе: Оптикалық өңдеудің түсінігі, оның ақпараттық жүйелердегі рөлі.
2. Оптикалық сенсорлар: Фотодиодтар, фототранзисторлар, фотосезімтал матрицалар, оптикалық талшық сенсорлары, лазерлік сенсорлар.
3. Оптикалық сигналдарды өңдеу принциптері: Жарықтың шағылу, сыну, жұтылу құбылыстарының негізінде жұмыс істеу.
4. Фурье-оптика: Сигналдарды жиілікке бөлу, жиіліктік өңдеу және фильтрлеу.
5. Голография: Үшөлшемді бейнелерді алу және сақтау, голографияның негізгі принциптері.
6. Оптикалық фильтрлер: Жиіліктік және поляризациялық фильтрлерді қолдану.
7. Спектральды талдау: Жарықтың спектрлік құрамын зерттеу әдістері.
8. Қорытынды және болашақ перспективалар.

Мақсаты

Жұмыстың мақсаты сенсорлардан алынған ақпаратты өңдеуде қолданылатын негізгі оптикалық әдістерді, олардың принциптерін және әртүрлі салаларда қолданылуын қарастыру. Сенсорлардан алынған мәліметтерді өңдеу үшін қолданылатын оптикалық әдістердің негізгі түрлерін және олардың принциптерін түсіндіру. Қолданылу салаларына қысқаша шолу: медициналық диагностика, өнеркәсіп, биология, телекоммуникация, қорғаныс және бейне өңдеу.

Кіріспе

Оптикалық әдістер — бұл жарық толқындарын пайдалану арқылы ақпаратты өңдеу, түрлендіру және талдау әдістері. Бұл әдістер жарық энергиясының ерекше қасиеттерін қолдануға негізделген, олар деректерді дәл және жылдам өңдеу үшін кеңінен пайдаланылады. Оптикалық өңдеу әдістерінің маңызы: Оптикалық әдістер сенсорлардан алынған ақпаратты үлкен дәлдікпен өңдеуге мүмкіндік береді, себебі жарық толқындары кеңістіктік және жиіліктік компоненттерді ажыратуға көмектеседі. Жоғары өткізу қабілеттілігі, аз кедергіге ұшырау, және көп өлшемді деректерді өңдеу мүмкіндігі оларды әсіресе бейнелеу және талдау салаларында бағалы етеді. Қолдану салалары: Медицина: ішкі органдарды визуализациялау, биомедициналық зерттеулер үшін қолданылатын кескіндерді жақсарту. Өнеркәсіп: сапаны бақылау, нысандардың пішінін және құрылымын талдау, лазерлік өлшеу және бақылау жүйелері. Телекоммуникация: жоғары жылдамдықтағы деректерді оптикалық кабельдер арқылы жеткізу. Қорғаныс және қауіпсіздік: бейнелерді өңдеу арқылы объектілерді анықтау, ақпараттық қауіпсіздік. Сенсорлар қоршаған ортадан ақпарат жинап, оны өңдеу үшін оптикалық жүйеге береді. Олар ақпаратты тіркеу және түрлендіру үшін негізгі рөл атқарады, ал оптикалық өңдеу бұл мәліметтерді нақты талдауға мүмкіндік береді.

Оптикалық өңдеу әдістерінің маңызы

5

Жылдамдық пен дәлдікті қажет ететін жүйелерде үлкен рөл атқарады. Әртүрлі түстер мен жиіліктерді ажыратып, нақты ақпарат беру мүмкіндігі. Мәліметтерді визуализациялау мен талдауды жеңілдету. Жылдамдық: Оптикалық әдістер жарық жылдамдығында жұмыс істейді, бұл оларды дәстүрлі электрондық өңдеу әдістеріне қарағанда әлдеқайда жылдам етеді. Бұл қасиет үлкен көлемдегі деректерді өңдеу қажет болған кезде, мысалы, бейнелерді нақты уақыт режимінде талдауда өте маңызды. Дәлдік пен ажыратымдылық: Жарық толқындарының ерекше қасиеттері оптикалық әдістерге жоғары дәлдікпен жұмыс істеуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе медициналық және ғылыми зерттеулерде өте маңызды. Жарықпен өлшеу арқылы нысандардың өте кішігірім бөлшектерін анықтауға және оларды ажыратуға болады. Көпөлшемді деректерді өңдеу: Оптикалық әдістер кеңістіктік, уақыттық және жиіліктік ақпаратты қатар өңдей алады. Бұл күрделі бейнелер мен сигналдарды бірнеше параметрлер арқылы талдауға мүмкіндік береді, мысалы, жиілік компоненттерін бөлу және зерттеу. Кедергілерге төзімділік: Оптикалық сигналдар электромагниттік кедергілерге аз сезімтал, бұл оларды өндірістік және әскери ортада қолдануға ыңғайлы етеді. Бұл қасиет деректерді ұзақ қашықтыққа тасымалдауда немесе сенімділікті қажет ететін жағдайларда артықшылық береді. Энергия үнемділігі: Жарықпен жұмыс істейтін жүйелер көбінесе энергияны аз пайдаланады, бұл оптикалық өңдеу әдістерін экологиялық таза және үнемді етеді. Олар жылу шығаруды азайтып, құрылғылардың ұзақ жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Оптикалық өңдеу әдістері жылдамдық, дәлдік, көпөлшемділік және энергия үнемділігі секілді артықшылықтарымен ерекшеленеді, бұл оларды әртүрлі салаларда таптырмас құралға айналдырады.

Оптикалық сенсорлардың түрлері

- ♦ Фотодиодтар: Жарық түссе, электр тогын өндіреді, бұл жарықтың қарқындылығына байланысты өзгеріп отырады. - Қолданылу аясы: жарық деңгейін өлшеу, жарық сенсорлары, қашықтықты өлшеу құралдары. - Артықшылықтары: қарапайым құрылымы, тез жауап беру уақыты, сенімділік.
- ♦ Фототранзисторлар: Жарық энергиясын электр сигналына түрлендіріп, оны күшейте алады, бұл фотодиодтарға қарағанда сезімталдығы жоғары. - Қолдану салалары: бақылау жүйелері, оптоэлектрондық сұлбалар, қозғалысты анықтау сенсорлары. Артықшылықтары: жоғары сезімталдық, жарыққа жылдам жауап беру.
- ♦ Фотосезімтал матрицалар: Көптеген ұсақ пиксельдерден тұрады, әр пиксель жарық деңгейін бөлек тіркейді. Қолданылу аясы: бейнекамералар, фотоаппараттар, медициналық суретке түсіру жүйелері. Артықшылықтары: жоғары ажыратымдылық, күрделі кескіндерді тіркеу мүмкіндігі, көпқабатты ақпаратты жинау.
- ♦ Оптикалық талшық сенсорлары: Жарықтың оптикалық талшық арқылы өтуін пайдаланады, өзгерістерді оптикалық жолда тіркейді. Қолданылу аясы: температураны, қысымды, күшті өлшеу, құрылыс инженериясында қолдану. Артықшылықтары: ұзақ қашықтықта сигнал берудің сенімділігі, электромагниттік кедергілерге тұрақтылығы.
- ♦ Лазерлік сенсорлар: Лазер сәулесін шығарып, оның шағылысу уақыты мен өзгерісін талдайды. Қолданылу салалары: өнеркәсіптік өлшеу, қашықтықты анықтау, объектілерді бақылайтын жүйелер. - Артықшылықтары: жоғары дәлдік, ұзақ қашықтыққа өлшеу мүмкіндігі, кедергілерге аз сезімталдық. Оптикалық сенсорлардың әрбір түрі жарықтың әртүрлі қасиеттерін пайдаланады, бұл оларды әртүрлі салаларда қолдануға мүмкіндік береді. - Сенсорларды дұрыс таңдау арқылы оптикалық сигналдарды өңдеудің сапасы мен дәлдігін арттыруға болады.



**Оптикалық сигналдарды өңдеудің
негізгі принциптері**

Фурье-оптика негіздері

Фурье түрлендіруі оптикалық сигналдарды жиілік доменінде талдауға мүмкіндік береді, яғни суретті немесе сигналды жиілікке сәйкес компоненттерге бөліп қарастырады. - Бұл әдіс суреттерді немесе бейнелерді күрделі жиілік спектрі арқылы қарастыруға, маңызды жиілік компоненттерін бөліп алуға және кедергілерді жоюға көмектеседі. Оптикалық Фурье түрлендіргіштер: - Фурье түрлендірудің оптикалық түрлендіргіштері арнайы линзалар мен айна жүйелері арқылы іске асады. - Әдетте, бұл жүйелер жиіліктік ақпаратты жазықтықта тікелей визуализациялау үшін қолданылады, яғни суреттің кеңістік және жиілік компоненттерін бірдей талдауға мүмкіндік береді. Жарықтың фаза және амплитудасының таралуы: Оптикалық Фурье талдауы жарықтың амплитудасы мен фазалық құрамын анықтауға мүмкіндік береді. - Бұл оптикалық жүйелерде жиіліктік сүзгілеу операцияларын орындауға, яғни суретте қажетсіз компоненттерді алып тастауға немесе күшейтуге көмектеседі. Фурье-оптиканың қолданылу аясы: Кескіндердегі жиіліктік кедергілерді жою немесе жақсарту. МРТ, КТ суреттерін талдау және сапасын жақсарту. Спутниктік суреттерді өңдеу, мақсатты объектілерді анықтау. Жиілікке негізделген спектральды талдау. Жиіліктік фильтрлеу арқылы кескіннің әртүрлі жиілік компоненттерін өзгертуге немесе алып тастауға болады. Мысалы, төмен жиілікті фильтрлеу арқылы кескіндегі негізгі құрылымды айқындауға, ал жоғары жиілікті фильтрлеу арқылы текстура немесе шекараларды анықтауға болады. Фурье-оптика ақпаратты жиілік кеңістігінде талдауға мүмкіндік беретін күшті әдіс болып табылады, бұл әсіресе бейнелеу және талдау жүйелерінде қажет.

Линза арқылы өңдеу әдістері

Линза жарықты белгілі бір нүктеге бағыттау немесе фокусқа келтіру арқылы кескінді үлкейтіп немесе кішірейтіп көрсетеді. Жарықтың сынуы арқылы линза объектінің кескінін анықтап, оны қабылдаушы құрылғыға жеткізе алады. Линзалар жиналатын (диссипативті) және шашыратқыш (дивергентті) болып екіге бөлінеді. Жиналатын линзалар жарық сәулелерін бір нүктеге шоғырландырып, нақты кескінді қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Линза арқылы жарық толқындарының фокусталуы кескіннің кеңістіктік және жиіліктік компоненттерін ажыратып көрсетуге мүмкіндік береді. Бұл қасиет Фурье-оптика және жиіліктік талдау кезінде маңызды. Линза арқылы өңдеу кескінді қайта құруда, фокустық сүзгілерді қолдануда және оптикалық ақпаратты дәл талдауда маңызды рөл атқарады. Фурье-оптикада линзалар жарық сигналын кеңістіктік жиілікке түрлендіріп, кескіннің жиіліктік спектрін құрады. Линза жарық толқындарын белгілі бір кеңістіктік жиіліктерге сәйкес таратып, сигналдың маңызды компоненттерін бөліп алуға мүмкіндік береді. Линзаны пайдалану арқылы кескіннің белгілі бір жиіліктік компоненттерін күшейту немесе әлсіретуге болады, бұл әсіресе бейнелеу және жиіліктік сүзу жүйелерінде қолданылады.

- Линзалық бейнелеу жүйелері: Микроскоптар мен телескоптар линза арқылы өңдеу әдістеріне жатады. Бұл құрылғылар жарық сәулесін үлкейтіп, кішкене немесе алыс нысандарды егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді. Бейнекамералар және проекциялық жүйелерде де линзалар жарықты фокусқа келтіріп, жоғары ажыратымдылықты кескіндер алуға мүмкіндік береді. Линзалық фильтрлеу әдістері: Линзалар арқылы кескіннің белгілі бір компоненттерін сүзу немесе күшейту мүмкін. Жиіліктік фильтрлер ретінде линзаларды қолдану кескіннің қажетті бөліктерін бөлшектеуге мүмкіндік береді. - Мысалы, кеңістіктік жиіліктік фильтрлеуде линзалар арқылы кескіннің жоғары жиіліктегі детальдарын күшейтуге немесе төмен жиіліктегі компоненттерін әлсіретуге болады. Қолдану салалары: Медицинада микроскопиялық зерттеулерде қолданылып, микроағзаларды, жасушалар мен тіндерді үлкейтіп қарау үшін пайдаланылады. - Өнеркәсіпте сапаны бақылауда, нысандардың өлшемдерін дәл анықтауда, және өңделетін материалдардың құрылымын зерттеуде қолданылады. - Астрономияда алыс нысандарды (жұлдыздар, планеталар) бақылауда, ал қорғаныс саласында оптикалық бақылау жүйелерінде қолданылады.

Жарықтың интерференциясы мен дифракциясы

Интерференция — екі немесе одан көп жарық толқындарының қабаттасу нәтижесінде пайда болатын құбылыс. Бұл құбылыс кезінде толқындар бір-бірін күшейте немесе әлсірете алады. - Интерференция кезінде жарық толқындары қосылған кезде олардың амплитудасы артады немесе азаяды, нәтижесінде жарықтың әртүрлі түстері мен қарқындылығы пайда болады.

☐ Интерференция түрлері:

☐ Конструктивті интерференция: Егер толқындардың фазалары бірдей болса, олар бірін-бірі күшейтеді, нәтижесінде жарық қарқындырақ болады.

☐ Деструктивті интерференция: Егер толқындардың фазалары қарама-қарсы болса, олар бірін-бірі әлсіретеді, нәтижесінде жарықтың қарқындылығы төмендейді немесе толқындар бір-бірін жоққа шығарады.

Оптикалық интерферометрлер:* Жарық толқындарының интерференциясын пайдаланып, дәл өлшеулер жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе астрономияда, оптикалық дәл өлшеулерде, физикалық зерттеулерде және лазерлік технологияларда қолданылады. - *Жіңішке қабаттардағы интерференция:* Сабын көпіршіктерінің бетінде немесе май қабатының суда пайда болатын түрлі-түсті үлгілер жарықтың интерференциясымен түсіндіріледі. - *Голография:* Интерференцияның көмегімен үш өлшемді бейнелерді жазуға мүмкіндік береді.

Жарықтың дифракциясы

12

Дифракция — жарық толқынының кедергілерге немесе саңылауларға кезіккенде бағыт өзгертуі, соның нәтижесінде толқындар таралып, жаңа үлгілер пайда болады. Бұл құбылыс жарықтың толқындық табиғатының маңызды дәлелі болып табылады. - Дифракция құбылысы жарық толқынының ұзындығымен және кедергінің немесе саңылаудың өлшемімен тығыз байланысты. Жарық толқынының ұзындығы кедергіге шамалас болса, дифракция айқын көрінеді. - *Дифракция түрлері:* - *Фраунгофер дифракциясы:* Шексіз алыс нүктеден түсетін жазық толқындар кедергіге соғылғанда пайда болатын дифракция түрі. Бұл түрі зертханада оптикалық құрылғылармен жиі зерттеледі. - *Френель дифракциясы:* Жақын қашықтықтағы дифракция, мұнда толқындардың пішіні кедергіге жақын жерде бұрмаланып, әртүрлі үлгілер қалыптасады. - *Қолданылуы:* - *Дифракциялық торлар:* Спектроскопияда жарықты жиіліктік компоненттерге бөлу үшін қолданылады. Бұл құбылыс арқылы әртүрлі химиялық элементтердің спектрін талдауға болады. - *Оптикалық талдау:* Дифракция құбылысы объектілердің өлшемдері мен пішіндерін анықтау үшін қолданылады, әсіресе микроскопияда. - *Лазерлік жарық жүйелері:* Лазер сәулелерінің дифракциясы арқылы жоғары дәлдікпен кескіндер және белгілер жасау мүмкіндігі бар. ---### Жарықтың интерференциясы мен дифракциясының ұқсастығы мен айырмашылығы - *Ұқсастығы:* - Екі құбылыс та жарықтың толқындық қасиеттеріне негізделген және толқындардың қабаттасуы арқылы әртүрлі үлгілердің пайда болуына әкеледі. - Екеуі де оптикалық жүйелерде жарық толқындарының таралуын және өзгерісін сипаттауға көмектеседі. - *Айырмашылығы:* - Интерференция жарық толқындарының бір-біріне қабаттасуы арқылы жарықтың қарқындылығын өзгертуге бағытталған болса, дифракция жарық толқындарының кедергілерді айналып өтуін және кеңістікте таралуын қарастырады. - Интерференция көбінесе екі немесе бірнеше жарық көзі арасындағы өзара әрекеттесуді зерттесе, дифракция бір жарық толқынының өз бетінше кедергіден өтуі кезіндегі мінез-құлқын сипаттайды.

Қорытынды

Қорытындылай келе, Оптикалық әдістер ақпаратты өңдеуде жоғары жылдамдық пен дәлдікті қамтамасыз етеді. Жарық толқындарының әртүрлі қасиеттерін пайдалану арқылы күрделі ақпаратты өңдеу мен талдау жүргізуге мүмкіндік береді. Қазіргі кезде оптикалық өңдеу әдістері көптеген салаларда кең қолданыс тапты: медицинада – ішкі ағзалардың суреттерін түсіру, өнеркәсіпте – материалдарды зерттеу, телекоммуникацияда – деректерді жылдам беру. Бұл әдістердің көптүрлілігі мен икемділігі ақпараттық технологиялар саласында жаңа жетістіктерге жол ашады. Технологияның дамуы оптикалық өңдеу әдістерінің жаңа бағыттарын ашады, мысалы, кванттық есептеулерде жарықтың қасиеттерін пайдалану, голографиялық ақпарат сақтау жүйелерін жетілдіру. Жасанды интеллект және нейрондық желілермен бірге қолданылуы ақпаратты өңдеу мен талдау сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Оптикалық өңдеудің кейбір күрделілігі мен қымбаттығына қарамастан, оның тиімділігі көп жағдайда шығындарды ақтайды. - Жаңа материалдар мен оптикалық құрылғыларды енгізу арқылы оптикалық жүйелердің қолжетімділігі мен сапасы жақсара түсуде. Сенсорлардан алынған ақпаратты өңдеудің оптикалық әдістері – күрделі, бірақ болашағы зор технологиялық бағыт. Ол жоғары дәлдік, жылдамдық және сапалы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Болашақта оптикалық әдістердің қолдану аясы кеңейіп, олардың тиімділігі мен икемділігі арта түседі, бұл ғылым мен техникада жаңа ашылымдарға жол ашады.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Басов, Н. Г., и др. Оптические методы обработки информации. – М.: Наука, 2018.
2. Goodman, J. W. Introduction to Fourier Optics. New York: W. H. Freeman and Company, 2017.
3. Hecht, E. Optics. – 5th ed. – Boston: Pearson, 2016.4. Saleh, B. E. A., и Teich, M. C. Fundamentals of Photonics. – 2nd ed. – New York: Wiley, 2019.
4. Климов, С. И. Фурье-оптика и её приложения. – СПб: Питер, 2021.
5. Морозов, В. П. Оптические сенсоры и их применение. – М.: Техносфера, 2020.
6. Javidi, B., и Tajahuerce, E. Optical and Digital Techniques for Information Security. – New York: Springer, 2019.
7. Овчинников, А. А. Голография: теория и применение в современных технологиях. – М.: Физматлит, 2018.
8. Poon, T.-C., и Kim, T. Engineering Optics with MATLAB. – 2nd ed. – Singapore: World Scientific, 2017.
9. Yariv, A., и Yeh, P. Photonics: Optical Electronics in Modern Communications. – 6th ed. – Oxford: Oxford University Press, 2019.