



Monitoring Pistachio Orchards

ՀԵՌԱԶՆՆՄԱՆ ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Բովանդակություն

1. Հիմնական հասկացություններ - 2

2. Հեռազննման հիմունքներ. ֆիզիկա, մաթեմատիկա եւ իրական արժեքներ - 8

2.1 Ներածություն - 8

2.2 Հիմնական թեմաներ եւ կարեւոր գաղափարներ/փաստեր - 8

2.3 Բանալի մեջբերումներ - 13

2.4 Եզրակացություն - 14

3. Թեստ - 14

4. Էսսեի հարցեր - 17

5. Բանալի եզրույթների բառարան - 18

6. Հարցեր եւ պատասխաններ - 21

Ի՞նչ է սենսորը հեռազննման համատեքստում - 21

Ինչպե՞ս են աշխատում ֆոտոններն էլեկտրոնների փոխակերպման վրա հիմնված պատկերների սենսորները - 21

Ինչո՞ւ են ջերմային ինֆրակարմիր սենսորները պահանջում սառեցում - 21

Ինչպե՞ս են միկրոալիքային սենսորները հայտնաբերում ճառագայթումը - 21

Որքա՞ն կարեւոր է ռեզոնանսը հեռազննման հավելվածներում - 22

Ինչպե՞ս են տեսակավորվում կամ «ֆիլտրացվում» ֆոտոններն իրենց հատկությունների հիման վրա - 22

Ո՞րն է չափումների, տեղեկատվության եւ գիտելիքի միջեւ կապը հեռագնման գործընթացում - 22

Ինչպե՞ս է որոշվում դասակարգման ճշմարիտ արժեքը - 23

Դասընթացը նախատեսված է հեռազննման տեխնոլոգիաների կիրառման մասնագիտական ուսուցման համար: Այն ներառում է հեռազննման հիմնարար հայեցակարգերը՝ շեշտը դնելով չափումների, դասակարգումների, կանխատեսումների եւ մոդելների ՃՇՄԱՐՏԱՑԻՈՒԹՅԱՆ ու հուսալիության գնահատման մեթոդների, բազային ֆիզիկայի եւ մաթեմատիկական պատկերացումների վրա:

Դասընթացը հատուկ ուշադրություն է դարձնում հեռազննման եւ սենսորների ուսումնասիրության վրա, մասնավորապես՝ հողի խոնավությունը, ջերմաստիճանը եւ տեղումները չափելու համար օգտագործվող կոնտակտային սենսորների: Բոլոր տեսակների սենսորների եւ հեռազննման հիմքում ընկած սկզբունքների ընկալումը կարելի է պտղատու այգիների կառավարման գործընթացում՝ դրանց արդյունավետ կիրառման համար:

1. Հիմնական հայեցակարգեր

- **Ճշմարտացիության արժեքներ** - հեռազննման տվյալների եւ մոդելների վերաբերյալ պնդումների գնահատում, դրանց հուսալիության կամ հավանականության գնահատում:
- **Սենսորներ** - տվյալներ հավաքման նպատակով էներգիան մեկ տիրույթից մյուսը փոխակերպող սարքեր: Հեռազննման սենսորները հաճախ փոխակերպիչներ են:
- **Ֆոտոններ եւ էլեկտրոններ** - հեռազննման ժամանակ ֆիզիկական փոխազդեցություններին վերաբերող հիմնարար մասնիկներ:
- **Պարկերի սենսորներ** - ֆոտոններն էլեկտրոնային ազդանշանների փոխակերպող, հաճախ բջիջների մատրիցների վրա հիմնված սենսորներ:
- **Քվանտային արդյունավետություն** - սենսորային բջջի ներսում ֆոտոնն էլեկտրոնի փոխակերպման հավանականությունը:
- **Ջերմային ինֆրակարմիր սենսորներ** - Սենսորներ, որոնք հայտնաբերում են ջերմային ճառագայթումը, սակայն դժվարանում են տարբերակել սենսորի ներսում առաջացած ֆոտոնները եւ էլեկտրոնները: Հաճախ պահանջում է սառեցում:
- **Բոլոմետրեր** - առավել մատչելի, ճառագայթման հետեւանքով տաքացման վրա հիմնվածն են եւ ջերմաստիճանի փոփոխությունները չափող սենսորներ:

- **Միկրոալիքային սենսորներ** - միկրոալիքների էլեկտրական դաշտը չափող, ազդանշանի ամպլիտուդը մեծացնելու համար հաճախ էլեկտրամագնիսական ռեզոնատորներ օգտագործող սենսորներ:
- **Ռեզոնատոր** - ազդանշանն իր բնական հաճախականությամբ ուժեղացնող (ճոճանակի նման) համակարգ:
- **Էլեկտրամագնիսական (ԷՄ) ճառագայթ** - հեռազննման բազմաթիվ սենսորների միջոցով հայտնաբերվող էներգիայի ձեռք: Ստատիկ կամ պոտենցիալ եւ դինամիկ կամ կինետիկ էներգիաների իմացությունը կարելու է ԷՄ ճառագայթման վերաբերյալ պնդումները գնահատելիս:
- **Պոտենցիալ էներգիա** - մեխանիկական համակարգում բարձրությանը կամ էլեկտրամագնիսականության մեջ E էլեկտրական դաշտին ուղիղ համեմատական դիրքում կամ վիճակում պահվող էներգիա:
- **Կինետիկ էներգիա** - մեխանիկական համակարգում արագության քառակուսուն կամ էլեկտրամագնիսականության մեջ I հոսանքի քառակուսուն ուղիղ համեմատական շարժման էներգիան:
- **Էներգիայի պահպանում** - փակ համակարգում էներգիայի կորստի բացակայության դեպքում պոտենցիալ եւ կինետիկ էներգիաների գումարը մնում է հաստատուն:
- **ԷՄ ճոճանակ** - մեխանիկական ճոճանակի անալոգ, որը առավելագույն լարման (պոտենցիալ էներգիա) եւ առավելագույն հոսանքի (կինետիկ էներգիա) միջեւ էլեկտրական շղթայում ներկայացնում է էներգիայի ներդաշնակ հոսքը՝ տարողունակությամբ եւ ինդուկտիվությամբ:
- **Արհեստական ռեզոնատորներ** - որոշակի հաճախականություններում, ներառյալ՝ ակուստիկ (կիթառի լարեր, կամերտոններ) եւ միկրոալիքային (դիպոլ ալեհավաքներ, ռեզոնանսային խողովակներ), արձագանքման համար նախատեսված սարքավորումներ: ՄԱՋԵՐՆԵՐԸ (ուժեղացուցիչներ) եւ ԼԱՋԵՐՆԵՐԸ մոլեկուլային ռեզոնանսների վրա հիմնված օպտիկական/քվանտային ռեզոնատորների օրինակներ են:
- **Ֆոտոնների (եւ միկրոալիքային ճառագայթման) ալիքների հարկությունները** - էլեկտրական դաշտի (E) ազդեցությունը հաճախ ավելի ուժեղ է, քան մագնիսական դաշտինը (M): M դաշտը հնարավոր է ստանալ փոփոխվող E դաշտից: E դաշտն ունի բեւեռացման անկյուն: E դաշտի վեկտորն ունի բաղադրիչներ:

- **Ալիքի հաճախականություն եւ երկարություն** - հաճախականությունը $E(x,t)$ պատկերի վերարտադրման համար անհրաժեշտ ժամանակի պարբերության հակադարձ մեծությունն է: Ալիքի երկարությունը կախված է միջավայրից: Վակուումում տարածման արագությունը հաստատուն է:
- **Սպեկտրասկոպիկ տվյալներ** - Սպեկտրասկոպիկ տվյալների հորիզոնական սանդղակներ, հաճախ օգտագործում են «միավորներ», որոնք կապված են հաճախականության 2π արտադրյալի կամ 2π -ի՝ ալիքի երկարությանը հարաբերության հետ:
- **Էլեկտրասպիկական սարքի ելք** - Էքսպոզիցիայի ընթացքում սենսորային բջջի վրա «գրավված» ֆոտոնների քանակի գնահատում:
- **Ֆոտոնների հոսք կամ ֆոտոնային հոսք** - Սենսորի տարրի վրա/մեջ ընկնող ֆոտոնների քանակը:
- **Կոնդենսատորում էլեկտրոնների պոպուլյացիա էներգիան** - $V_c = Q/C$, որտեղ Q -ն ընդհանուր լիցքն է, իսկ C -ն՝ տարողունակությունը: V_c լարումը անալոգային արժեք է: Էլեկտրոնների քանակը ստացվում է $Q = V_c \times C$ -ից, քանի որ Q լիցքը էլեկտրոնների քանակի եւ 1 էլեկտրոնի լիցքի արտադրյալն է:
- **Անալոգ-թվային փոխակերպում (ԱԹՀ)** - թվային տվյալներում լարման անալոգային արժեքների փոխակերպումն է: RGB տեսախցիկները սովորաբար յուրաքանչյուր ալիքի համար ունենում են 8-բիթային ԱԹՀ: Սպեկտրամետրերը կարող են ունենալ 16-բիթային ԱԹՀ:
- **Թվային ելք (N_e)** - ներկայացնում է քվանտային արդյունավետության եւ ֆոտոնների քանակի հետ կապված V_c -ի փոփոխության քայլերը:
- **Ճշմարիտ մեկնաբանություն** - ԱԹՀ-ի թվային ելքը ֆոտոնների քանակին կապող հստակ մոդելի ստեղծումը թույլ է տալիս գնահատել մեկնաբանությունների կամ սենսորային մոդելների ճշմարիտ արժեքը: Ճշմարիտ չափման հավանականությունը նվազում է համակարգված ու պատահական սխալների եւ սենսորային կեղծ մոդելների օգտագործման պատճառով:
- **Ֆոտոնների տեսակավորում/ֆիլտրացում** - իրականացվում է ընտրողական ռեզոնանսային կլանման (օրինակ՝ RGB, IR տեսախցիկներ) կամ ինտերֆերենցիալ

ֆիլտրերի միջոցով՝ հիմնվելով ռեզոնանսային ուղիների (շերտերի) ստեղծման վրա, որոնք անցնում են ալիքի երկարությունների կամ հաճախականությունների փոքր միջակայքով:

- **Չափում** - տարածաժամանակի մեջ երկու օբյեկտի միջև փոխազդեցություն, որը տվյալներ է ստեղծում այդ փոխազդեցության մասին:

- **Տեղեկատվություն** - հնարավոր հարցերի եւ պատասխանների միջև կապը: Օգտակար տեղեկատվությունը սահմանում է տվյալները եւ տվյալների ստացման համար կիրառվող փոխազդեցության մոդելները: Տեղեկատվությունը վիճակագրական կապ է (հավանականություն):

- **Պատասխանի ճշմարտություն** – (հարց, տվյալներ|մոդել), որը տվյալների եւ մոդելի հարցի հավանականությունն է: Հավանականության մոդելը ֆոտոնների քանակի համար պետք է լինի անհամաչափ ժամանման ժամանակի նկատմամբ (օրինակ՝ Պուասոնի բաշխում): Հակառակ դեպքում, տեղեկատվության արտահանման մեթոդն ՍԽԱԼ է:

- **Գիտելիք** - հիմնված է վարկածների եւ չափված ապացույցների վրա:

Գիտենալ (հիպոթեզ (i), ապացույց (j)) = հավանականություն ((i) տվյալ ապացույցների (j) վրա հիմնված վարկած (i)):

- **Ֆոտոնային սենսորներից ստացված գիտելիքներ** - վերահսկելի փորձից ստացված, օբյեկտի բնութագրերի (ռադիոմետրիկ հատկություններ, երկչափ/եռաչափ մոդելներ) վերաբերյալ վարկածները գնահատվում են վարկածի տվյալների, ապացույցների (համարանիշ, դաս, չափորոշիչ) համընկնումների վիճակագրության հիման վրա: Վարկածները նախընտրելի է ձևակերպել որպես կանխատեսման մոդելներ:

- **Դասակարգման ճշմարիտ արժեք** - ՃՇՄԱՐԻՏ/ՍԽԱԼ հավանականությունը հաղորդվում է ընդհատ դասերի համար ճիշտ և սխալ նույնականացված տվյալների նմուշների հաճախականություններով: Սա ենթադրում է, որ փորձարարը որոշել է յուրաքանչյուր դասի ապացույցների հաճախականությունը:

- **Հարաբերակցության հավանականություններ** - $\text{Prob}(E_i | C_j)$ -ն գնահատվում է վերահսկվելի, ստուգվող չափումներից: Այս գիտելիքները պետք է լինեն նմուշի չափից անկախ: $\text{Prob}(C_j | E_i)$ -ն կարող է հաշվարկվել հաճախականությունների (հիստոգրամներ, միջակայքերի քանակ) միջոցով:

- **Հավանականության վեկտոր կամ հավանականության զանգված** - ապացույցի յուրաքանչյուր տվյալների համար հաշվարկվում է բոլոր ընթացիկ վարկածների հավանականությունը:

- **Առավելագույն հավանականություն** - առավելագույն հավանականության համադրումը, տվյալների յուրաքանչյուր տարրի համար զանգվածի յուրաքանչյուր հավանականության առավելագույնի ընտրությամբ, ստեղծում է հավանական ճշմարտության երկակի մոտարկում կեղծ ճշմարտությանը:

- **Շփոթության (պատահականության) մատրից** - Աղյուսակ, որը ցույց է տալիս հետաքրքրության տիրույթում բոլոր տվյալների հավանական կամ կանխատեսված եւ իրական կամ ճշմարիտ դասերի միջև համընկնումների քանակը կամ հաճախականությունը: Այս մատրիցը կարևոր է որոշումներ կայացնելիս:

Բազային ֆիզիկա եւ մաթեմատիկա

- Առօրյա ֆիզիկան հիմնված է էլեկտրոնների եւ ֆոտոնների միջոցով ատոմների եւ մոլեկուլների փոխազդեցությունների վրա:

- Բժշկական կիրառություններում կարեւոր են պրոտոնները, էլեկտրոնները եւ ֆոտոնները:

- Հեռազննման նկատմամբ հիմնական պահանջն է սենսորների, տվյալների, դասակարգումների, կանխատեսումների եւ մոդելների վերաբերյալ պնդումների ճշմարտացիության ու հուսալիության գնահատումը :

Սենսորային մեխանիզմներ

- **Պարկերի սենսորներ** - ֆոտոնները վերածում են էլեկտրոնների: Քվանտային արդյունավետությունն ունի որոշիչ նշանակություն:

- **Ջերմային ինֆրակարմիր սենսորներ** - դժվար է տարբերակել ֆոտոնների գեներացրած էլեկտրոնները սենսորից գեներացվածներից: Օգնում է սառեցումը: Այլընտրանք են բոլոմետրերը:

- **Միկրոալիքային սենսորներ** – օգտագործում են ալիքների (ֆոտոնների) էլեկտրական դաշտը՝ ալեհավաքային տիպի դետեկտորներում լարումներ առաջացնելու, հաճախ ռեզոնատորների միջոցով՝ ազդանշանն ուժեղացնելու համար:

Էներգիայի հասկացություններ

- Պոտենցիալ եւ կինետիկ էներգիաները կարելի է էլեկտրամագնիսական ճառագայթման վերաբերյալ պնդումները գնահատելիս:
- Էներգիայի պահպանման օրենքը հիմնարար սկզբունք է:
- Էլեկտրամագնիսական տատանումների հետ համեմատությունը պատկերում է էլեկտրական շղթաներում էներգիայի հոսքը:
- **Էներգիայի համապատասխան միավորները** - ջոուլներն են ինտեգրման ժամանակում: Էլեկտրոն վոլտը (eV) օգտագործվում է մեկ ֆոտոնի էներգիայի համար:

Ալիքային հատկություններ

- Հաճախականությունը, ալիքի երկարությունը, բեւեռացումը եւ էլեկտրական դաշտի բաղադրիչներն էլեկտրամագնիսական ալիքների հիմնական հատկություններն են:
- Սպեկտրոսկոպիկ տվյալների վերլուծությունը հիմնված է այս հատկությունների ըմբռնման վրա:

Տվյալների ձեռքբերում եւ փոխակերպում

- Էլեկտրասպտիկական սարքերի ելքային տվյալները գնահատում են ֆոտոնների քանակը:
- Ֆոտոնային հոսքը որոշում է սենսորային տարրում կուտակված լիցքը:
- Կուտակված լիցքից ստացված անալոգային լարումը ADC-ի միջոցով փոխակերպվում է թվային տվյալների:
- Թվային ելքի եւ ֆոտոնների քանակի միջեւ եղած կապի ըմբռնումը կարելի է ճշմարտացիությունը գնահատելիս:

Տեղեկատվություն եւ գիտելիքներ

- **Տեղեկատվությունը** չափումներից եւ մոդելներից ստացված վիճակագրական կապ է:
- Ֆոտոնների քանակի հավանական մոդելն ազդում է տեղեկատվության արտահանման հուսալիության վրա:
- Գիտելիքները կառուցված են վարկածների եւ ապացույցների վրա, որոնք գնահատվում են հավանականությունների միջոցով:
- Դասակարգման ճշմարտացիության արժեքները գնահատվում են դասակարգման

ճշտության վիճակագրական վերլուծության միջոցով, որը հաճախ ներկայացվում է որպես շփոթության մատրից:

2. Հեռազննման հիմունքներ. ֆիզիկա, մաթեմատիկա եւ ճշմարտացիության արժեքներ

2.1. Ներածություն

Այս բաժինը հեռազննման հիմքում ընկած ֆիզիկական եւ մաթեմատիկական սկզբունքների հիմնարար ակնարկ է: Այն հատկապես կենտրոնանում է հեռազննման կիրառություններից ստացված տվյալների, մոդելների եւ կանխատեսումների հուսալիության կամ «ճշմարտացիության արժեքի» գնահատման վրա: Քննարկումը ներառում է էներգիայի փոխազդեցության հիմնարար ֆիզիկան, տարբեր տեսակի սենսորների գործունեությունը, հեռազննման մեջ տեղեկատվության եւ գիտելիքների բնույթը, ինչպես նաեւ դասակարգումների ճշտության կամ ճշմարտացիության արժեքի գնահատման մեթոդները:

2.2 Հիմնական թեմաներ եւ կարեւոր գաղափարներ/փաստեր

Հեռազննման հիմնարար հիմքն է էներգիայի փոխազդեցության ֆիզիկան:

- Հեռազննումը հիմնականում հիմնված է առարկաների եւ մոլեկուլների հետ էներգիայի (մասնավորապես՝ ֆոտոնների տեսքով էլեկտրամագնիսական ճառագայթման) փոխազդեցության վրա:
- Ֆիզիկան (սովորական, ոչ միջուկային պայմաններում) հիմնականում հիմնված է էլեկտրոնների եւ ֆոտոնների միջոցով ատոմների եւ մոլեկուլների փոխազդեցության վրա:
- Սենսորները նկարագրվում են որպես փոխակերպիչներ, որոնք տվյալների հավաքագրման համար էներգիան փոխակերպում են մեկ տիրույթից մյուսը:

Սենսորի աշխատանքը եւ էներգիայի փոխակերպումը

- Ժամանակակից հեռազննման սենսորների մեծ մասը հիմնված է ֆոտոններն էլեկտրոնների փոխակերպող բջիջների զանգվածների վրա:

- Այս փոխակերպումը ներառում է ֆոտոնների էներգիայի փոխանցումն էլեկտրոններին, որը դրանց թույլ է տալիս դուրս գալ լարման պոտենցիալ «հորերից» կամ «դուլերից»:
- Այս փոխակերպման արդյունավետությունը (ֆոտոնի փոխակերպումն «ազատ» էլեկտրոնի) կոչվում է քվանտային արդյունավետություն:
- Յուրաքանչյուր սենսորային բջջում կոնդենսատորի վրա լարումը բջիջ մտած ֆոտոնների քանակական բնութագիրն է:
- Ջերմային ինֆրակարմիր սենսորները բախվում են ֆոտոններից գեներացվող էլեկտրոնները՝ սենսորային տարրերում ջերմությունից գեներացվող ֆոտոններից եւ էլեկտրոններից տարբերակման հետ, որը հաճախ պահանջում է սառեցում: Առավել մատչելի սենսորները (բոլոմետրերը) հիմնվում են յուրաքանչյուր բջջի ջերմաստիճանի փոփոխությունների չափման վրա:
- Միկրոալիքային տիրույթում մեկ ֆոտոնի ալիքի ցածր էներգիան դժվարեցնում է ազատ էլեկտրոնների առաջացումը: Դրա փոխարեն, միկրոալիքային ֆոտոնների էլեկտրական դաշտն օգտագործվում է էլեկտրամագնիսական ռեզոնատորի լարման եւ հոսանքի փոփոխությունների մեծացման համար:

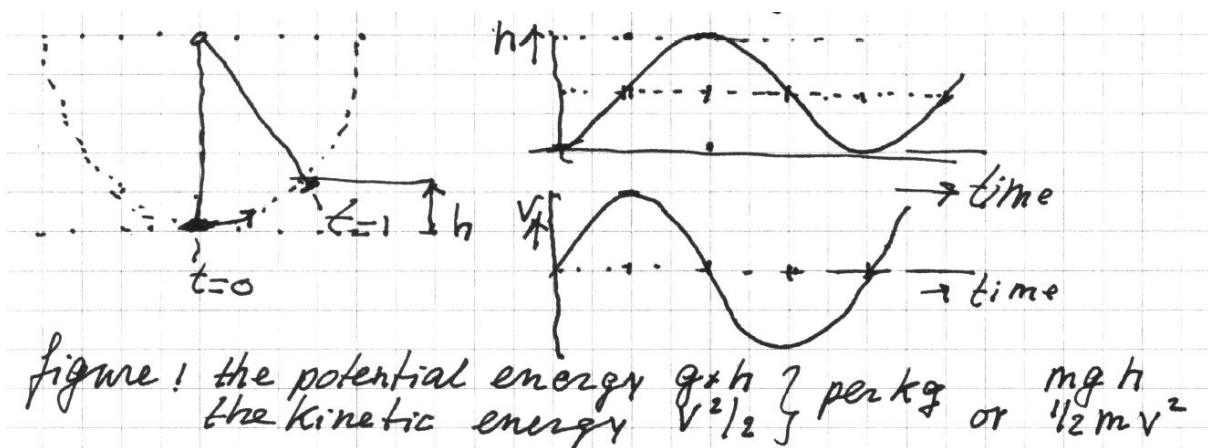
Ռեզոնանսի կարելորությունը

- Ռեզոնանսը սենսորի հիմնական սկզբունքն է, հատկապես միկրոալիքային եւ ռադիոալիքային ճառագայթումները հայտնաբերելիս:
- Ռեզոնատորը նման է ճոճանակի. իր բնական հաճախականությամբ սեղմման դեպքում, դրա ամպլիտուդը մեծանում է:
- «Ինչո՞ւ է ռեզոնանսի սկզբունքը կարելոր»:
- Ֆոտոնի էլեկտրոնի հետ փոխազդեցության դեպքում, էլեկտրոնները բարձրանում են էներգիայի առավել բարձր մակարդակներ, եթե դրանց տատանումների էներգիան արձագանք է գտնում ֆոտոնի դինամիկ էներգիայի հետ:
- Միկրոալիքային եւ ռադիոալիքային ճառագայթումներ հայտնաբերելիս ռեզոնանսը թույլ է տալիս ալիքներին ալեհավաքի (որը գործում է որպես երկդաշտ ալեհավաք) հետ նույն հաճախականությամբ կուտակել հայտնաբերման համար բավարար ամպլիտուդ:

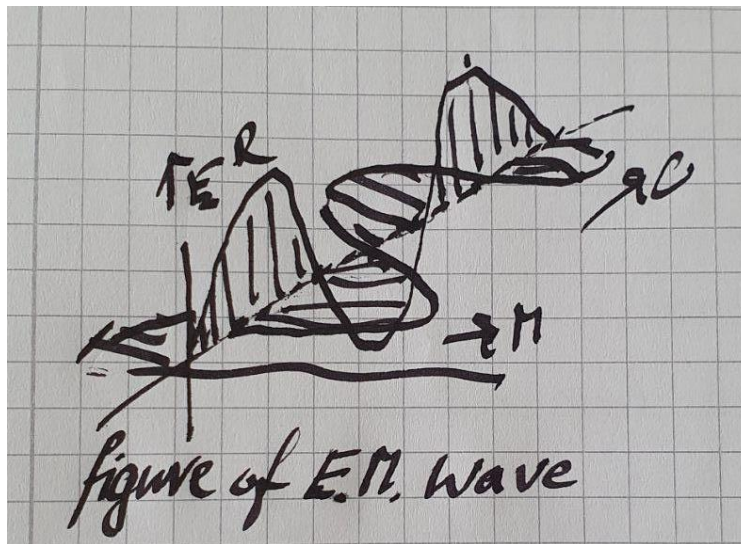
Էլեկտրամագնիսական ճառագայթում (ԷՃՃ) հասկացությունը՝

ճշմարտացիությունը գնահատելիս

- Էլեկտրամագնիսական ճառագայթման վերաբերյալ պնդումների ճշմարտացիության գնահատման համար անհրաժեշտ է հասկանալ ստատիկ/պոտենցիալ ու դինամիկ/շարժման էներգիաներ հասկացությունները:
- Սա նման է տատանումների ճոճանակի, որտեղ պոտենցիալ էներգիան ուղիղ համեմատական է բարձրությանը, իսկ կինետիկ էներգիան՝ արագության քառակուսուն:
- Էլեկտրամագնիսականության մեջ պոտենցիալ էներգիան ուղիղ համեմատական է էլեկտրական դաշտին (E), իսկ կինետիկը՝ էլեկտրոնների/լիցքի շարժմանը/տեղաշարժին, որը ստեղծում է մագնիսական դաշտ (M):
- «Էլեկտրական ճոճանակ եւ ռեզոնատոր», որը ցույց է տալիս էներգիայի ներդաշնակ հոսքն առավելագույն լարման (էլեկտրական դաշտի հետ կապված) եւ առավելագույն հոսանքի (մագնիսական դաշտի հետ կապված) միջեւ: Էլեկտրամագնիսական ու մագնիսական դաշտերը չեն կարող միաժամանակ ունենալ նույն վեկտորային արժեքը: Անհրաժեշտ է ստուգել էլեկտրամագնիսական դաշտի վերաբերյալ գրաֆիկների ճշմարտացիությունը հեռազննման մասին ձեռնարկներում:
- Տարբեր դաշտերում (ակուստիկ, միկրոալիքային, օպտիկական/քվանտային) արիեստական ռեզոնատորները կարելի է դրա են խաղում էներգիայի կուտակման եւ անջատման գործում:



Նկար 1. Պոտենցիալ էներգիա = mgh (m -ը զանգվածն է եւ չափվում է կիլոգրամներով, g -ն՝ ազատ անկման արագացումը եւ հավասար է 9.8 մ/վ², իսկ h -ը՝ բարձրությունը եւ չափվում է մետրերով): Կինետիկ էներգիա = $\frac{1}{2}mv^2$ (m -ը զանգվածն է, v -ն՝ արագությունը)



Նկար 2. Էլեկտրամագնիսական (ԷՄ) ճառագայթման ալիք

Ֆոտոնների եւ միկրոալիքային ճառագայթների հատկությունները

- Շատ կիրառություններում էլեկտրական դաշտի (E) ազդեցությունը շատ ավելի ուժեղ է, մագնիսականից (M): E-դաշտի հատկություններն օգտագործվում են M-դաշտի հատկություններն ստանալու համար:
- E-դաշտն ունի բեւեռացման անկյուն:
- Հաճախականությունը $E(t)$ մոդուլի ($f = 1/T$) վերարտադրման համար անհրաժեշտ ժամանակահատվածի հակադարձ մեծությունն է:
- Ալիքի երկարությունը կախված է հաճախականությունից եւ միջավայրից ($\lambda = c/f$):
- Էլեկտրաօպտիկական սարքերի ելքը սենսորային բջջի վրա «գրավված» ֆոտոնների քանակի գնահատականն է էքսպոզիցիայի կամ ինտեգրման ժամանակ:
- Ֆոտոնի էներգիան արտահայտվում է ջոուլներով կամ eV էլեկտրոն-վոլտերով:

Ֆոտոնների տեսակավորում եւ ֆիլտրում

- Ֆոտոնները տեսակավորվում կամ «գտվում» են իրենց հատկությունների հիման վրա, ինչպիսիք են ալիքի երկարությունը:
- RGB եւ ինֆրակարմիր տեսախցիկները սովորաբար օգտագործում են ընտրողական ռեզոնանսային կլանման ֆիլտրեր:
- Բացթողման գոտիները հաճախականության գոտիներ են, որտեղ ֆոտոնները չեն վերածվում «ջերմային» էլեկտրոնների:

- Ֆոտոնների էներգիայի կլանումը կարող է հանգեցնել ջերմային էներգիայի տեսքով դեկոհերենցիայի, քիմիական ռեակցիաներում (քլորոֆիլ) քվանտային էֆեկտների կամ վերաճառագայթման (ֆլուորեսցենցիա):
- Ինտերֆերենցիոն ֆիլտրերն օգտագործում են ռեզոնանսային խոռոչներ՝ ալիքի փոքր միջակայքով երկարությունների կամ համարժեք հաճախականությունների անցկացման համար:
- Անդրադարձված ֆոտոնները, որպես կանոն, վերաբեռնացվում են:

Հեռազննում. չափում, տեղեկատվություն եւ գիտելիք

- **Չափում** - տարածաժամանակի երկու օբյեկտների միջև փոխազդեցություն, որն այդ փոխազդեցության մասին տվյալներ է ստեղծում:
- **Տեղեկատվություն** - հնարավոր հարցերի եւ պատասխանների միջև կապը: Օգտակար տեղեկատվությունը պետք է մատնանշի օգտագործված տվյալները եւ փոխազդեցության մոդելները: Սա վիճակագրական կապ է:
- **Պատասխանի ճշմարտացիություն** (օրինակ՝ մոդելի) - պատասխանի հավանականությունն է՝ տրված տվյալներով եւ մոդելով: Ֆոտոնների հաշվարկի հավանականության մոդելը պետք է լինի ասիմետրիկ, ինչպիսին է Պուասոնի բաշխումը՝ կեղծ տեղեկատվության ստացման մեթոդից խուսափելու համար:
- **Գիտելիք** - հիմնված վարկածների եւ չափված ապացույցների վրա: Գիտելիք (վարկած (i)) = հավանականություն (հավանականություն (i))՝ տրված ապացույց(j):
- Ֆոտոնային սենսորներից ստացված օբյեկտների մասին գիտելիքը կարող է հիմնված լինել վերահսկելի փորձերի հաճախականության կամ համընկնման վիճակագրության հաշվարկների վրա:
- Վարկածները կարող են լինել տարբեր (ռադիոմետրիկ, ձեւի, երկչափ/եռաչափ ձեւանմուշներ): Նախընտրելի է դրանք ձեակերպել որպես տարածական եւ սպեկտրալ բնութագրերի կանխատեսման մոդելներ:

Դասակարգումների ճշմարտացիության արժեքի գնահատումը

- Այս բաժինը կենտրոնանում է ընդհատ դասերի վարկածների հուսալիության գնահատման վրա:

- Դասակարգման համար «ճշմարիտ» կամ «ճշմարտության» հավանականությունը ներկայացվում է՝ տվյալների դասակարգված նմուշների ճշմարիտ եւ կեղծ հաճախականությունների համեմատության միջոցով:
- Այս գիտելիքը պետք է անկախ լինի նմուշի չափից (պետք է լինի բավականաչափ մեծ):
- Գործընթացը ներառում է հավանականության համեմատությունն ապացույցների հաճախականության (Ei) հետ՝ հաշվի առնելով դասը (Ci):
- Տրված տվյալների բազմության միջին հավանականությունը (բոլոր վարկածների, դասերի համար) տալիս է դասակարգման արդյունքի ճշմարտացիության գնահատական:
- Յուրաքանչյուր տվյալի հավանականության զանգվածի համեմատությունն առավելագույն հավանականության հետ ստեղծում է ճշմարտության երկակի մոտարկում «կեղծ ճշմարտությանը»:
- Պատահականության (կամ շփոթության) մատրիցն օգտագործվում է ճիշտ եւ սխալ դասակարգումների հաճախականությունների ցուցադրման համար:
- Պատահականության մատրիցից ստացված ճշմարտացիության մատրիցը կարելու է նշանակություն ունի որոշումների կայացման ժամանակ, քանի որ այն ընդգծում է ճիշտ դասակարգման առավելությունների եւ սխալ դասակարգման արժեքների միջեւ փոխզիջումները:

2.3. Հիմնական մեջբերումներ

- Ֆիզիկան սովորական պայմաններում հիմնականում հիմնված է ատոմների եւ մոլեկուլների փոխազդեցության վրա՝ էլեկտրոնների եւ ֆոտոնների միջոցով:
- «Սենսորը փոխակերպիչ է, որը էներգիան փոխակերպում է մեկ տիրույթից մյուսը, եւ որն առավել հասանելի է տվյալների հավաքագրման համար»:
- «Ժամանակակից հեռազննման պրակտիկայում պատկերման սենսորների մեծ մասը հիմնված է բջիջների զանգվածների կամ մատրիցների վրա, որոնք հի էներգիայով (Պլանկի հաստատունի ու հաճախականության արտադրյալ) ֆոտոնները փոխակերպում են էլեկտրոնների, որոնք բավարար էներգիա ունեն՝ յուրաքանչյուր բջջի էներգիայի «հորերից» կամ «դույլերից» ազատորեն դուրս գալու համար»:

- «Կոնդենսատորի լարումը սենսորի յուրաքանչյուր բջիջ մտնող ֆոտոնների քանակական բնութագիրն է»:
- «Ինչո՞ւ է ռեզոնանսի սկզբունքը կարելի»:
- «Չափում. տարածաժամանակի երկու օբյեկտների միջև փոխազդեցություն, որը տվյալներ է ստեղծում այդ փոխազդեցության մասին»:
- «Տեղեկատվություն. (ինարավոր) հարցերի եւ պատասխանների միջև կապը»:
- «Գիտելիքը հիմնված է վարկածների եւ չափված ապացույցների վրա:» $K(\text{վարկած } (i)) = \text{հավանականություն (վարկած } (i)) \text{ տրված ապացույց}(j)\text{-ի դեպքում}$ »:
- «Այս ճշմարտության մատրիցը շատ կարելի է որոշումների կայացման համար, երբ ՃՇՄԱՐԻՏ դասակարգման առավելությունները կարող են տարբերվել սխալ դասակարգման արժեքներից»:

2.4. Եզրակացություն

Ուսումնական ձեռնարկը մանրամասն տեխնիկական պատկերացում է առաջարկում հեռազննման համակարգերի ֆիզիկական գործունեության եւ դրանց տվյալների ճշգրտության ու հուսալիության գնահատման վերաբերյալ: Այս հասկացողության համար կենտրոնական տեղ են զբաղեցնում սենսորների էներգիայի փոխակերպման հայեցակարգերը, ռեզոնանսի կարելիությունը եւ տեղեկատվության ու գիտելիքի վիճակագրական բնույթը: Դասակարգումների համար ճշմարտացիության գնահատման մանրամասն բացատրությունն ընդգծում է հեռազննման տվյալների օգտակարության գնահատման գործնական կողմերը՝ որոշումների կայացման համար:

3. Թեստ

Հ1. Արդյո՞ք էլեկտրաստատիկական պատկերի սենսորները հիմնված են ճառագայթային ալիքի էներգիայի հայտնաբերման վրա:

Պ1.1. Այո, սենսորը չափում է էլեկտրական դաշտը, իսկ միջին քառակուսային լարումը լույսի պայծառության չափողականությունն է:

Պ1.2. Ոչ, սենսորն էներգիայի քվանտները վերածում է էլեկտրոնների: Ազատ էլեկտրոնները հավաքվում են կոնդենսատորի մեջ ինտեգրման ընթացքում: Կոնդենսատորի վրա լարումը սենսորի յուրաքանչյուր բջիջ մտնող ֆոտոնների քանակական բնութագրիչ է:

Հ2. Գիտնականները վստահ չեն, արդյո՞ք էլեկտրամագնիսական ճառագայթումը բաղկացած է ալիքներից, թե՞ ֆոտոններից:

Պ2.1. Ոչ, հարցն այն չէ, թե ինչ է էլեկտրամագնիսական ճառագայթումը, այլ՝ թե ինչպես է էլեկտրամագնիսական «ճառագայթումը» փոխազդում չափիչ սարքի հետ:

Հ3. Ինչո՞ւ է ռեզոնանսի սկզբունքը կարևոր:

Պ3.1. Երբ ֆոտոնները փոխազդում են էլեկտրոնների հետ, էլեկտրոնները մղվում են բարձր էներգիայի մակարդակներ միայն այն դեպքում, եթե դրանց տատանողական դինամիկ էներգիան ռեզոնանսվում է ֆոտոնի դինամիկ էներգիայի հետ:

Պ3.2. Միկրոալիքային եւ ռադիոալիքային ճառագայթներ հայտնաբերելիս միայն նույն հաճախականությամբ ալիքները, ինչպես օրինակ երկդաշտ ալեհավաքը, կստեղծեն բավարար ամպլիտուդ հայտնաբերման համար:

Հ4. Որո՞նք են հեռազննման կիրառությունների մասնագիտական վերապատրաստման հիմնական պահանջները:

- Աշխատել QGIS-ի նման գործիքներով:
- Կարողանալ գնահատել սենսորների, տվյալների, դասակարգման, կանխատեսումների եւ մոդելի հիմնավորվածության վերաբերյալ պնդումների ճշմարտացիությունն ու հուսալիությունը: Սա ներառում է դրանց ճշմարտացիության կամ հավանականության գնահատումը:

Հ5. Ինչպե՞ս է սահմանվում սենսորը:

- Սենսորը ստեղծում է թվային նիշեր՝ արհեստական բանականություն մուտքագրելու համար:
- Սենսորը փոխակերպիչ է, որը էներգիան մեկ տիրույթից մյուսն է փոխակերպում: Այս փոխակերպումն էներգիան առավել մաքուր է դարձնում հեռազննման մեջ տվյալների հավաքագրման համար:

Հ6. Ի՞նչ է քվանտային արդյունավետությունը պատկերի սենսորների նկատմամբ:

- Այն սահմանվում է որպես պատկերի ազդանշան-աղմուկ հարաբերակցության քառակուսու եւ ընկնող ֆոտոնների քանակի հարաբերություն:
- Քվանտային արդյունավետությունը հավանականությունն է, որ ֆոտոնը, վերածվելով «ազատ» էլեկտրոնի, կհեռանա սենսորային բջջի էներգետիկ «հորերից» կամ

«դույլերից»: Ըստ էության, դա ֆոտոնի էներգիան օգտակար էլեկտրոնային էներգիայի փոխակերպելու արդյունավետությունն է:

Հ7. Ինչո՞ւ են ջերմային ինֆրակարմիր սենսորները հաճախ պահանջում սառեցում:

• Քանի որ ջերմությունն էլեկտրոններ է առաջացնում սենսորային տարրերի ներսում, ինչը դժվարացնում է այս ջերմային էլեկտրոնների տարբերակումը ֆոտոններից առաջացած էլեկտրոններից: Սառեցումն օգնում է նվազագույնի հասցնել այս ջերմային աղմուկը:

• Քանի որ սենսորը կարող է գերտաքանալ եւ խափանվել:

Հ.8. Ինչպե՞ս են միկրոալիքային սենսորներն ազդանշան ստեղծելու համար օգտագործում էլեկտրամագնիսական դաշտերը:

• Միկրոալիքային սենսորներն օգտագործում են միկրոալիքային ֆոտոնների էլեկտրական դաշտը՝ էլեկտրամագնիսական ռեզոնատորի լարումը մեծացնելու եւ հոսանքը փոխելու համար:

• Միկրոալիքային ֆոտոններն առաջացնում են էլեկտրական դաշտեր, իսկ ազդանշանը լարման քառակուսին է:

Հ.9. Ինչպե՞ս կարելի է ֆոտոնները զտել՝ հիմնվելով դրանց հատկությունների վրա:

- անցուղիների ընտրողական գոտիների կիրառմամբ,
- բեւեռացնող ֆիլտրերի կիրառմամբ,
- ինտերֆերենցիալ ֆիլտրերի կիրառմամբ,

Հ.10. Ի՞նչ է չափումը:

• Չափումը սահմանվում է որպես տարածաժամանակի երկու օբյեկտների միջեւ փոխազդեցություն, որը տվյալներ է ստեղծում այդ փոխազդեցության մասին: Ֆոտոնային սենսորների դեպքում չափիչ սարքը ֆոտոնների հաշվիչն է, իսկ չափման միավորը՝ ֆոտոնների քանակը:

• Չափումը սահմանվում է որպես էկրանին հետաքրքրության առարկայի եւ էլեկտրոնների միջեւ փոխազդեցություն:

• Չափումներն արտահայտվում են լարման քառակուսով:

Հարց 11. Ինչպե՞ս են գնահատում էկրանին առարկաների հատկությունները:

• Չափում ենք առարկաների անդրադարձունակությունը:

- *Գնահատում ենք առարկաների անդրադարձունակությունը մոդուլացված ֆորոնային հոսքից՝ հիմնվելով անդրադարձման ու փոխանցման մոդելի եւ ֆորոնների չափված քանակի վրա:*

4. Էսսեի հարցեր

1. Քննարկել ֆիզիկայի ու մաթեմատիկայի դերը հեռազննման տվյալների եւ դրանցից ստացված արդյունքների ճշմարտացիությունն ու հուսալիությունը հաստատելու գործում: Օգտագործել առավել պատկերավոր օրինակներ:
2. Համեմատել եւ հակադրել հեռազննման տարբեր տեսակների սենսորների (օրինակ՝ օպտիկական, ջերմային ինֆրակարմիր, միկրոալիքային) գործունեության սկզբունքները: Որո՞նք են յուրաքանչյուրի առավելություններն ու թերությունները որոշակի կիրառությունների համար:
3. Բացատրել մեխանիկական (օրինակ՝ ճոճանակ) եւ էլեկտրամագնիսական համակարգերում պոտենցիալ եւ կինետիկ էներգիաների հայեցակարգերը: Ինչպե՞ս են դրանք կապված հեռազննման սարքերի աշխատանքի եւ էլեկտրամագնիսական ճառագայթումների պնդումների գնահատման հետ:
4. Վերլուծել էլեկտրոօպտիկական պատկերի սենսորներում էլեկտրամագնիսական էներգիան կիրառելի թվային ազդանշանի վերածելու գործընթացը՝ ֆոտոնի մուտքից մինչեւ թվային ելք: Ինչպե՞ս են քվանտային արդյունավետությունը եւ «դուլբերի» կամ «հորերի» հասկացությունները տեղավորվում այս գործընթացում:
5. Նկարագրել, թե ինչպես են գիտելիքներ ստեղծվում հեռազննման միջոցով՝ հիմնվելով վարկածների եւ չափված տվյալների վրա, մասնավորապես՝ ֆոտոնային սենսորներից: Ինչպե՞ս են օգտագործվում այնպիսի հայեցակարգերը, ինչպիսիք են հավանականությունը, վիճակագրական հարաբերությունները եւ շփոթության մատրիցները՝ դասակարգումների եւ կանխատեսումների ճշմարտացիությունը գնահատելիս:

5. Հիմնական եզրույթների բառարան

- **Ճշմարտացիության արժեքներ** - սենսորների, տվյալների, դասակարգումների, կանխատեսումների եւ մոդելների վերաբերյալ պնդումների հուսալիության կամ հավանականության գնահատում:
- **Սենսոր** - փոխարկիչ, որը էներգիան փոխակերպում է մեկ տիրույթից մյուսը՝ տվյալներ հավաքելու համար:
- **Գնահատում** - որեւէ բանի ճշմարտացիության կամ հավանականության արժեքի գնահատում:
- **Ֆոտոններ** - լույսի հիմնարար մասնիկներ, որոնք կրում են էներգիա:
- **Էլեկտրոններ** - ենթատոմային մասնիկներ՝ բացասական լիցքով, որոնք հիմնարար են էլեկտրական հոսանքի եւ սենսորների փոխազդեցությունների համար:
- **Պարկերի սենսորներ** - որոնք հիմնված են բջիջների զանգվածների վրա, որոնք ֆոտոնները փոխակերպում են էլեկտրոնային ազդանշանների:
- **Քվանտային արդյունավետություն** – ֆոտոնի՝ ազատ էլեկտրոնի վերածվելու հավանականությունը սենսորային բջիջում:
- **Էներգետիկ հորեր կամ դոլլեր** - պատկերի սենսորներում տարածքներ, որոնք կուտակում են ազատ էլեկտրոններ:
- **Ջերմային ինֆրակարմիր սենսորներ** - որոնք հայտնաբերում են ջերմային ճառագայթումը:
- **Բոլոմետրեր** – ճառագայթման ջերմային ազդեցության վրա հիմնված, առավել մատչելի սենսորներ:
- **Էլեկտրամագնիսական ռեզոնատոր** - համակարգ, որը որոշակի հաճախականության վրա ուժեղացնում է էլեկտրամագնիսական ազդանշանները:
- **Էլեկտրամագնիսական (ԷՄ) ճառագայթում** - էներգիա, որը տարածվում է ալիքներով, բաղկացած է տատանվող էլեկտրական եւ մագնիսական դաշտերից:
- **Սփարիկ կամ պոպենցիալ էներգիա** - պահվում է ուղիղ համեմատական դիրքում կամ վիճակում:
- **Դինամիկ կամ շարժման էներգիա** - շարժման էներգիա (կինետիկ էներգիա):

- **ԷՄ տրաֆանում** - համեմատություն, որը պատկերում է էներգիայի փոխանակումը էլեկտրական շղթաներում՝ տարողունակության եւ ինդուկտիվության միջոցով:
- **Ռեզոնանս** - ազդանշանի ուժեղացում համակարգի բնական հաճախականությամբ:
- **Բեւեռացման անկյուն** - ԷՄ ալիքի էլեկտրական դաշտի վեկտորի կողմնորոշում:
- **Հաճախականություն** - միավոր ժամանակում կետով անցնող ալիքի ցիկլերի քանակը:
- **Ժամանակի պարբերություն** - ալիքի մեկ ամբողջական ցիկլի համար անհրաժեշտ ժամանակահատված:
- **Ալիքի երկարություն** - տարածական հեռավորություն, որի ընթացքում կրկնվում է ալիքային պատկերը:
- **Տարածման արագություն** - միջավայրում ալիքի տարածման արագություն:
- **Սպեկտրասկոպիկ տվյալներ** - չափում են ճառագայթման ինտենսիվությունը տարբեր ալիքի երկարություններում կամ հաճախականություններում:
- **Ֆոտոնային հոսք** - սենսորային տարրի վրա ընկնող ֆոտոնների քանակը միավոր ժամանակում կամ մակերեսում:
- **Էլեկտրոնների պոտենցիալ էներգիա (Vc)** - կոնդենսատորի վրա էլեկտրոնների կուտակած լիցքից առաջացող լարումը:
- **ԱՆՀ (անալոգ-թվային փոխարկիչ)** - սարք, որը անալոգային ազդանշանները (օրինակ՝ լարումը) փոխակերպում է թվային արժեքների:
- **Թվային ելք (N_e)** - ԱՆՀ-ից ստացված թվային արժեք, որը ներկայացնում է կուտակված ազդանշանը:
- **Ճշմարտության մեկնաբանություն** - ֆիզիկական մեծությունների հետ սենսորի ելքային ազդանշանը կապող մոդելի ստեղծում:
- **Ընտրողական ռեզոնանսային կլանման ֆիլտրեր** - կլանում են ճառագայթումն ալիքի որոշակի երկարություններում կամ հաճախականություններում:
- **Ինֆերֆերենցիայի ֆիլտրեր** - օգտագործում են շերտեր՝ ռեզոնանսային ուղիներ ստեղծելու համար, որոնք անցնում են ալիքի երկարությունների նեղ միջակայքով:
- **Չափում** - տարածաժամանակի երկու օբյեկտների միջեւ փոխազդեցություն, որը տվյալներ է ստեղծում այդ փոխազդեցության մասին: Ֆոտոնային սենսորների դեպքում չափիչ սարքը ֆոտոնների հաշվիչն է, իսկ չափման միավորը՝ ֆոտոնների քանակը:

- **Պատկեր** - սենսորից ստացված տվյալների տեսողական ներկայացում, որը հաճախ բաղկացած է բազմաթիվ գոտիներից (օրինակ՝ RGB, ինֆրակարմիր):
- **Տեղեկատվություն** - հնարավոր հարցերի եւ պատասխանների միջեւ եղած կապը, որը հիմնված է տվյալների եւ փոխազդեցությունների մոդելների վրա:
- **Վիճակագրական կապ** - տեղեկատվության հիմք, որը հաճախ նկարագրվում է հավանականություններով:
- **Պատասխանի ճշմարտացիություն** - հավանականությունը, որ հարցը ճշմարիտ կլինի՝ տրված տվյալներով եւ մոդելով:
- **Պուասոնի բաշխում** - հավանականության բաշխում, որը հաճախ օգտագործվում է մտնելու պահից սկսած ֆոտոնների քանակը մոդելավորելու համար:
- **Գիտելիք** - հիմնված է վարկածների եւ չափված ապացույցների վրա:
- **Վարկած** – ստուգման ենթակա առաջարկվող բացատրություն կամ պնդում:
- **Ապացույց** - տվյալներ կամ դիտարկումներ, որոնք հաստատում կամ հերքում են վարկածը:
- **Պատահականության վիճակագրություն** - տարբեր իրադարձությունների կամ դասակարգումների համընկնման վիճակագրական վերլուծություն:
- **Ռադիոմետրիկ հատկություններ** - օբյեկտի հատկություններ, որոնք կապված են դրա եւ էլեկտրամագնիսական ճառագայթման փոխազդեցության հետ (օրինակ՝ անդրադարձունակություն, ճառագայթողականություն):
- **Կանխատեսման մոդելներ** - կանխատեսում են ապագա վիճակները կամ հատկությունները՝ հիմնվելով ընթացիկ տվյալների վրա:
- **Դասակարգման ճշմարիտ արժեք** - տվյալները որոշակի կատեգորիաների դասակարգելու ճշգրտության գնահատում:
- **Դիսկրետ դասերի վարկածներ** - դասակարգում են տվյալները տարբեր՝ դիսկրետ կատեգորիաների:
- **Հաճախականություններ** - Նմուշում ինչ-որ բանի կրկնության քանակը:
- **$Prob(E_i | C_j)$** - E_i ապացույցը դիտարկելու հավանականությունը՝ տրված C_j դասի դեպքում:
- **$Prob(C_j | E_i)$** – հավանականությունը, որ տրված E_i ապացույցի դեպքում դասը կլինի C_j :

- **Հավանականության վեկտոր կամ զանգված** - ներկայացնում է տարբեր դասերի հավանականությունները՝ ապացույցների առկայության դեպքում:
- **Առավելագույն հավանականություն** - մեթոդ՝ ընտրելու այն դասը, որն ամենահավանականն է տվյալ ապացույցի դեպքում:
- **Երկակի մոտարկում** - բազմակի հնարավորությունների կրճատում մինչև երկու արդյունքի (օրինակ՝ ճիշտ կամ սխալ):
- **Կեղծ ճշմարտություն** - ճշմարտության պարզեցված կամ մոտավոր ներկայացում:
- **Շփոթության մաքրից** - աղյուսակ, որը ցույց է տալիս կանխատեսված եւ իրական դասակարգումների միջեւ եղած կապը:

6. Հարցեր եւ պատասխաններ

Ի՞նչ է սենսորը հեռազննման համադրեստում:

Սենսորը փոխակերպիչ է, որը էներգիան փոխակերպում է մեկ տիրույթից մյուսը՝ այն հասանելի դարձնելով տվյալների հավաքագրման համար: Ժամանակակից հեռազննման պրակտիկայում պատկերի սենսորների մեծ մասը հիմնված է բջիջների զանգվածների կամ մատրիցների վրա, որոնք էներգիայով լցված ֆոտոնները փոխակերպում են էլեկտրոնների:

Ինչպե՞ս են աշխատում ֆոտոնն էլեկտրոնի փոխակերպման հիմքով պատկերի սենսորները:

Այս սենսորներն օգտագործում են բջիջների զանգվածներ, որոնք գործում են որպես «հորեր» կամ «դուլեր»: Երբ ֆոտոնը բավարար էներգիայով հարվածում է բջջին, այն կարող է անջատել էլեկտրոն: Ֆոտոնն ազատ էլեկտրոնի փոխակերպելու հավանականությունը կոչվում է քվանտային արդյունավետություն: Ինտեգրման ժամանակ այս բջիջներում հավաքված էլեկտրոնները ներկայացնում են վերցված ֆոտոնների քանակը, իսկ բջիջի կոնդենսատորի վրա լարումը ծառայում է որպես ֆոտոնների քանակական բնութագրիչ:

Ինչո՞ւ են ջերմային ինֆրակարմիր սենսորները պահանջում սառեցում:

Ջերմային ինֆրակարմիր սենսորները բախվում են ֆոտոններից առաջացած էլեկտրոնները ջերմության պատճառով սենսորային տարրերից առաջացած էլեկտրոններից տարբերակելու մարտահրավերին: Սենսորների սառեցումն օգնում է նվազեցնել այս ֆոնային աղմուկը եւ բարելավել չափման ճշտությունը:

Ինչպե՞ս են միկրոալիքային սենսորները հայտնաբերում ճառագայթումը:

Միկրոալիքային տիրույթում մեկ ֆոտոնի էներգիան չափազանց ցածր է ազատ էլեկտրոններ ուղղակիորեն առաջացնելու համար: Դրա փոխարեն, միկրոալիքային սենսորներն օգտագործում են միկրոալիքային ֆոտոնների էլեկտրական դաշտը՝ էլեկտրամագնիսական ռեզոնատորի լարումը բարձրացնելու եւ հոսանքը փոխելու համար:

Ի՞նչ նշանակություն ունի ռեզոնանսը հեռազննման կիրառություններում:

Ռեզոնանսը կարելի է, քանի որ այն նկարագրում է, թե ինչպես են համակարգերն արձագանքում տատանողական էներգիային: Երբ ֆոտոնը փոխազդում է էլեկտրոնի հետ, էլեկտրոնները տեղափոխվում են էներգիայի առավել բարձր մակարդակներ, եթե դրանց դինամիկ էներգիան ռեզոնանսվում է ֆոտոնի դինամիկ էներգիայի հետ: Միկրոալիքային ալիքներ եւ ռադիոալիքներ հայտնաբերելիս, երկդաշտ ալեհավաքի բնական հաճախականության հետ նույն հաճախականության օգտագործումը թույլ է տալիս կուտակել բավարար ամպլիտուդ հայտնաբերման համար:

Ինչպե՞ս են ֆոտոնները տեսակավորվում կամ «զտվում»՝ հիմնվելով իրենց հատկությունների վրա:

Ֆոտոնները կարող են տեսակավորվել կամ ֆիլտրվել՝ օգտագործելով ընտրողական ռեզոնանսային կլանման ֆիլտրեր, ինչպես դա երեւում է RGB (կարմիր, կանաչ, կապույտ) եւ ինֆրակարմիր տեսախցիկներում: Այս ֆիլտրերը թույլ են տալիս որոշակի հաճախականության տիրույթներ անցնել՝ միաժամանակ արգելափակելով մյուսները: Թափանցիկ շերտերի միջոցով ռեզոնանսային ուղիների ստեղծման վրա հիմնված ինտերֆերենցիայի ֆիլտրերը նույնպես կարող են օգտագործվել ալիքի երկարությունների կամ համարժեք հաճախությունների փոքր տիրույթ անցնելու համար:

Ի՞նչ կապ կա հեռազննման մեջ չափման, տեղեկատվության եւ գիտելիքների միջեւ:

Չափումը տարածաժամանակի երկու օբյեկտների միջեւ փոխազդեցություն է, որը տվյալներ է ստեղծում այդ փոխազդեցության մասին: Տեղեկատվությունը հնարավոր հարցերի եւ պատասխանների միջեւ վիճակագրական կապ է, որը պահանջում է տվյալներ եւ տվյալներն ստեղծելու համար օգտագործվող փոխազդեցության մոդելներ: Գիտելիքը հիմնված է վարկածների եւ չափված ապացույցների վրա, որոնք հաճախ արտահայտվում են որպես տրված վարկածի հավանականություն: Ֆոտոնային սենսորներով ստացված օբյեկտների մասին գիտելիքները կարող են հիմնված լինել վերահսկելի փորձերի համընկնումների հաճախականության վիճակագրության վրա, որտեղ վարկածները նախընտրելիորեն

ձեռակերպվում են որպես տարածական եւ սպեկտրալ առանձնահատկությունները կանխատեսող մոդելներ:

Ինչպե՛ս է որոշվում իրական դասակարգման արժեքը:

Իրական դասակարգման արժեքը (որը ներկայացնում է ընդհատ դասի վարկածները) հաղորդվում է ճիշտ եւ սխալ դասակարգված տվյալների նմուշների հաճախականություններով: Սա ենթադրում է, որ փորձարարը փորձնականորեն որոշել է յուրաքանչյուր դասի ապացույցների հաճախականությունը: Դասին տրված ապացույցների հավանականության եւ վերահսկելի, ստուգվող չափումից տրված դասի ապացույցների հաճախականության միջեւ կապը տալիս է գիտելիքներ: Այնուհետեւ տրված տվյալների հավաքածուն դասակարգվում է, եւ տվյալների յուրաքանչյուր կետի համար հավանականության վեկտորը թարմացվում է մինչեւ միջին հաճախականություն: Սա կարելի է համեմատել առավելագույն հավանականության հետ՝ ստեղծելով հավանականային ճշմարտության, ինչպիսին է դասային պատկանելությունը, երկուական մոտարկում: