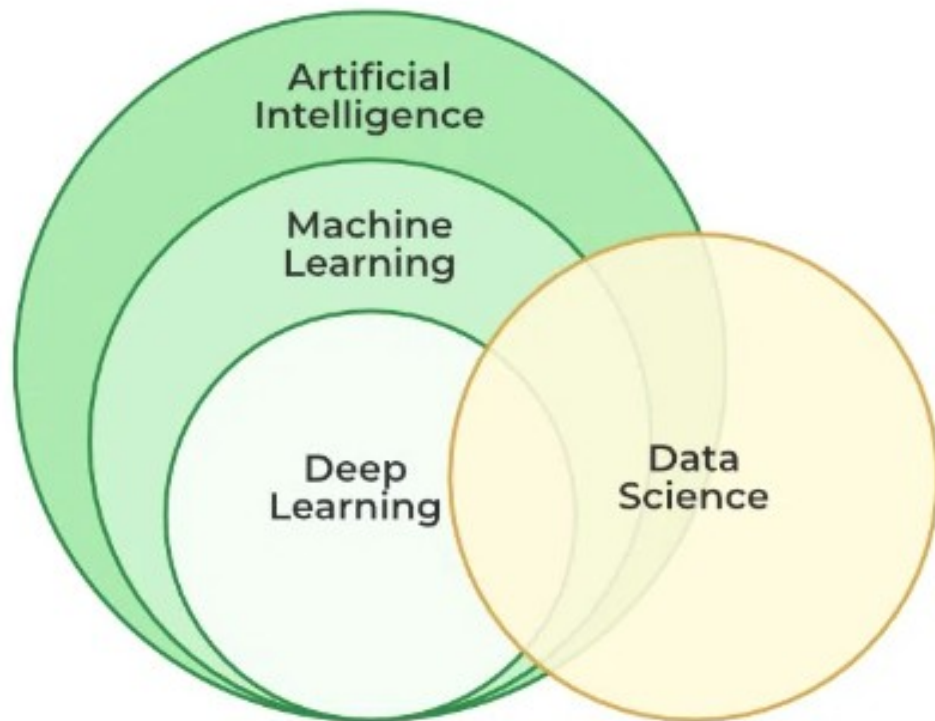


MACHINE
LEARNING IN
BIOINFORMATICS

Дәріс тақырыбы: Машиналық
оқыту және биоинформатика

8-9 Дәріс

Кіріспе: Машиналық оқыту және биоинформатика



Машиналық оқыту дегеніміз не? Негізгі ұғымдар мен принциптер.

Машиналық оқыту (М.О.) — деректерден үлгілерді анықтап, болжаулар жасауға мүмкіндік беретін алгоритмдер мен әдістерді зерттейтін сала. Оның негізгі мақсаты — нақты программалау қажеттілігінсіз жүйенің тәжірибеден үйренуі. М.О.-дың негізгі принциптері деректерді жинау, өңдеу және талдау, сондай-ақ, модельдерді құру мен бағалаудан тұрады.

Machine learning vs. deep learning



Machine learning

Uses algorithms and learns on its own but may need human intervention to correct errors

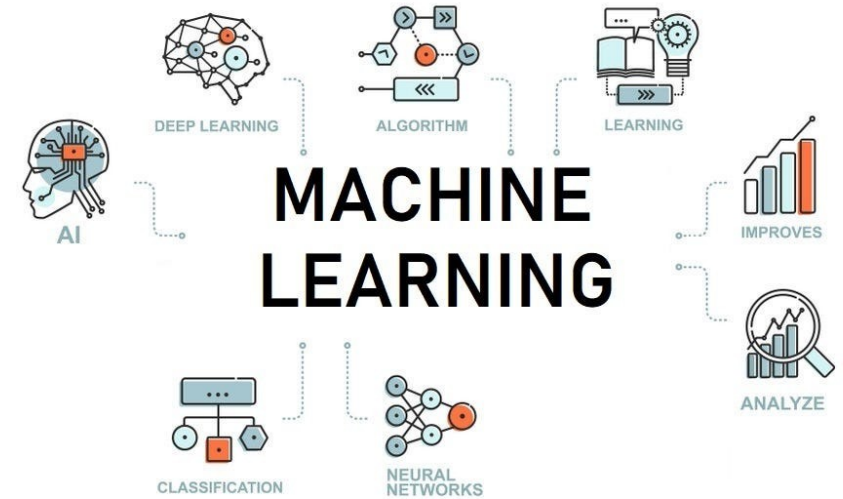


Deep learning

Uses advanced computing, its own neural network, to adapt with little to no human intervention

Машиналық оқытудың негізгі ұғымдары:

- 1.Деректер:** М.О.-да барлық ақпарат деректерге негізделеді. Оған құрылымдық және құрылымсыз деректер кіреді.
- 2.Алгоритм:** Деректерді талдап, қажетті нәтижені алатын әдіс. Ең көп таралған алгоритмдер қатарында сызықтық регрессия, шешім ағаштары және нейрондық желілер бар.
- 3.Модель:** Үлгіні анықтап, болжам жасауды үйренген алгоритм. Жақсы модель көптеген деректер жиынында тиімді жұмыс істеуі керек.
- 4.Жаттығу жиынтығы және тексеру жиынтығы:** М.О.-да модельді алдымен жаттығу деректерінде оқытып, тексеру жиынында дәлдігін бағалайды.
- 5.Жетілдіру (optimization):** Модельдің жұмысын жақсарту үшін параметрлерін өзгерту процесі.



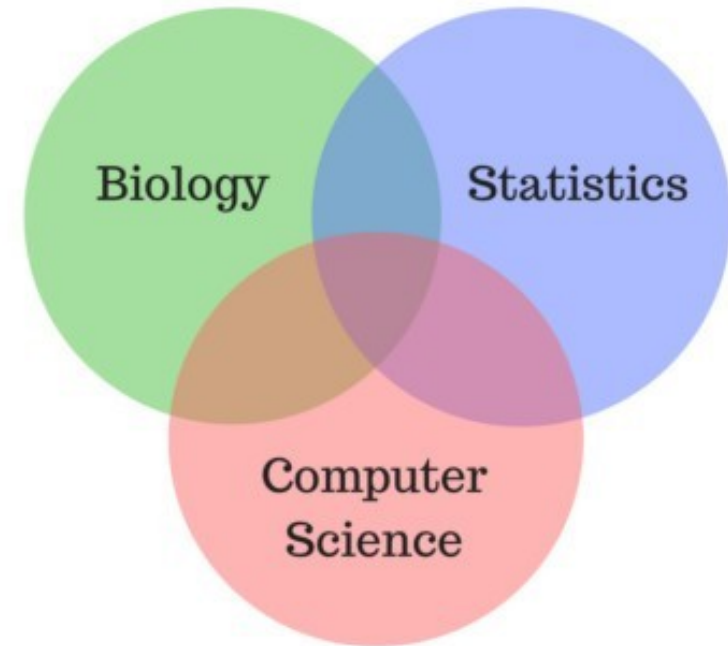
Биоинформатикаға кіріспе және оның биология медицинадағы маңыздылығы

Биоинформатика — биологиялық деректерді талдап биологиялық процестер мен жүйелерді түсіндіру үшін есептеу әдістерін қолданатын ғылым. Ол геномика, протеомика, метагеномика және басқа салаларда қолданылып, өмірлік маңызы бар ақпараттарды алу мүмкіндік береді.

Биоинформатиканың маңыздылығы:

- 1. Генетикалық зерттеулер:** Биоинформатика генетикалық тізбектерді анықтау және түсіндіруді жеңілдетеді.
- 2. Дәрі-дәрмек жасауда:** Генетикалық және биохимиялық деректерді пайдалану арқылы жаңа дәрілік заттарды құруға мүмкіндік береді.
- 3. Ауруларды диагностикалау:** Биомаркерлерді анықтап, ауруларды ерте анықтауға мүмкіндік береді.
- 4. Жеке медицина:** Әр адамның генетикалық ерекшеліктеріне сәйкес жеке емдеу әдістерін жасауға мүмкіндік береді.

Bioinformatics

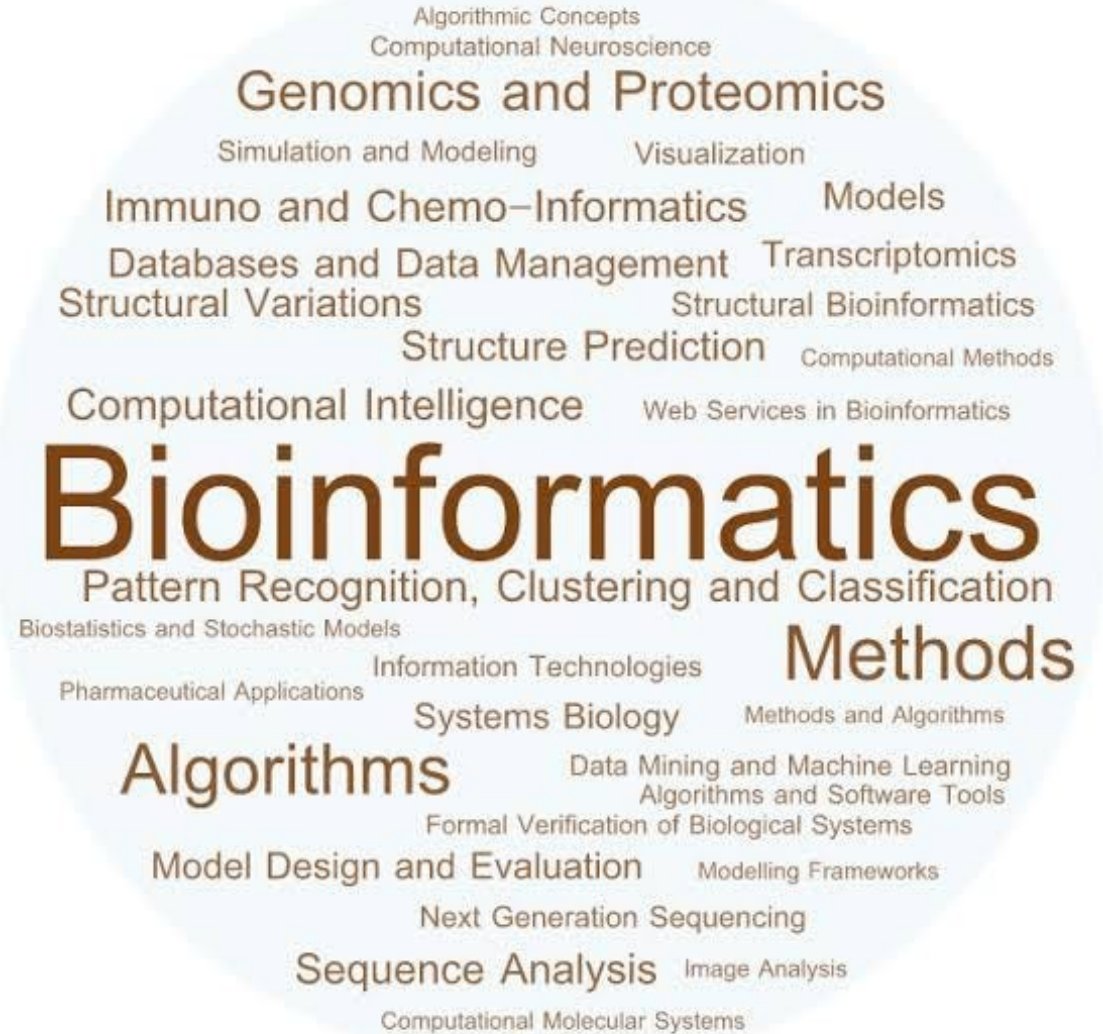


Машиналық оқыту мен биоинформатиканың қиылысатын салалары

М.О. мен биоинформатика бір-бірімен тығыз байланысты, себебі биологиялық деректердің көлемі өте үлкен және күрделі. М.О. деректерден маңызды үлгілерді анықтап, биологиялық жүйелерді жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

Қиылысатын салалар:

- 1. Геномика және транскриптомика:** Гендер мен РНҚ экспрессиясын талдау үшін М.О.-ды пайдалану арқылы генетикалық үлгілер мен ауруларға байланыс табуға болады.
- 2. Протеомика:** Ақуыз құрылымдары мен функцияларын болжау үшін М.О. алгоритмдерін қолданады.
- 3. Биомаркерлерді анықтау:** Жасанды интеллект және М.О. ауруларды диагностикалауға жарамды биомаркерлерді табуға көмектеседі.
- 4. Дәрілік заттарды ашу:** М.О. деректерден дәрілердің әсерін болжай алады, бұл уақыт пен ресурстарды үнемдейді.
- 5. Эпидемиология және қоғамдық денсаулық сақтау:** Халық арасында аурудың таралуын талдау және болжау үшін қолданылады.



Биоинформатикада машиналық оқытудың рөлі

Биоинформатикада машиналық оқыту (М.О.) маңызды рөл атқарады, өйткені ол үлкен көлемдегі биологиялық деректерді өңдеуге, талдауға және олардан маңызды ақпарат алуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта биологияда жиналған деректер көлемінің артуы және олардың күрделілігі М.О.-дың тиімді құралдарына сұраныс тудырып отыр. М.О. алгоритмдері биологиялық және медициналық зерттеулерде үлгілерді, жасырын тәуелділіктерді анықтап, болжау моделдерін құру үшін қолданылады.

MACHINE LEARNING IN BIOINFORMATICS

01

Genomics and sequence analysis

ML models can predict gene functions, identify regulatory elements and classify sequences in different categories.

02

Protein structure prediction and analysis

ML help in predicting protein structure ,folding patterns, binding sites, drug discovery , protein engineering etc.

03

Disease diagnosis and treatment

ML algorithms can identify disease biomarkers , classify patients into subtypes and predict treatment responses.

04

Drug discovery and development

ML models can analyse molecular datasets, screen compounds and assist in virtual screening and drug design.

Машиналық оқыту әдістері мен алгоритмдері

Машиналық оқыту (М.О.) әдістерін биоинформатикада қолдану — биологиялық деректерден пайдалы ақпарат алу және биологиялық жүйелерді модельдеу үшін маңызды. Негізгі машиналық оқыту түрлері және алгоритмдері әртүрлі мәселелерді шешу үшін әртүрлі тәсілдер ұсынады.

Машиналық оқытудың негізгі түрлері

1. Бақыланатын оқыту (Supervised Learning)

Бұл тәсілде деректерде кіріс және шығыс мәндері белгілі, яғни модель белгілі бір деректерге сәйкес дұрыс жауапты үйренуге тырысады. Мысалы, ауру мен дені сау адамдардың биомаркер деңгейлерін салыстырып, олардың айырмашылықтарын үйрену арқылы диагнозды болжай алады.

2. Бақыланбайтын оқыту (Unsupervised Learning)

Бақыланбайтын оқытуда тек кіріс деректері болады және оларды топтарға немесе кластерлерге бөлу үшін қолданылады. Бұл тәсіл биоинформатикада деректердің құрылымын, яғни биомаркер топтарын немесе гендік экспрессия үлгілерін анықтауға мүмкіндік береді.

3. Тереңдетілген оқыту (Deep Learning)

Тереңдетілген оқыту — нейрондық желілердің бірнеше қабаттарын қолданатын М.О. түрі, ол күрделі үлгілерді тануға және үлкен деректер көлемімен жұмыс істеуге өте ыңғайлы. Мысалы, тереңдетілген оқыту күрделі биологиялық жүйелердегі байланыстарды анықтауда, секвенирлеу деректерін талдауда және суреттерді тануда қолданылады.

Негізгі алгоритмдер

1. Шешім ағаштары (Decision Trees)

Бұл алгоритм оңай түсінуге және интерпретациялауға болатын модельдер құруға мүмкіндік береді. Шешім ағаштары деректерді біртіндеп сұрақтар тізбегі арқылы бөледі, нәтижесінде әрбір жапырақ түйінінде болжамдық нәтижелер пайда болады. Биомаркерлерді таңдауда және аурудың алдын ала диагностикасын жасауда жиі қолданылады.

2. Логистикалық регрессия (Logistic Regression)

Логистикалық регрессия — екі немесе бірнеше категориялы нәтижелерді болжау үшін қолданылатын статистикалық модель. Ол, мысалы, аурудың болу ықтималдығын болжауға немесе биомаркердің белгілі бір деңгейінен жоғары не төмен болуын анықтауға көмектеседі.

3. Нейрондық желілер (Neural Networks)

Бұл алгоритм биологиялық жүйелерді модельдеу үшін қолданылатын жасанды нейрондық желілерді пайдаланады. Мысалы, күрделі аурулар арасындағы жасырын байланыстарды анықтауда қолданылады. Нейрондық желілер биоинформатикада гендік тізбектерді талдау, суреттерді тану және басқа да көп қабатты деректерді өңдеу үшін қолданылады.

4. К-біріктіру әдісі (K-means Clustering)

Бұл бақыланбайтын оқыту әдісі деректерді ұқсастықтарына қарай топтарға (кластерлерге) біріктіруге негізделген. Мысалы, гендік экспрессия деңгейлері немесе микроРНК экспрессиясы бойынша деректерді кластерлеу арқылы биомаркер ретінде пайдалану үшін сәйкес топтарды табуға мүмкіндік береді.

5. Қолдау векторлар машиналары (Support Vector Machines, SVM)

SVM — күрделі деректердің екі класын бөліп, олардың арасындағы айырмашылықты анықтауға арналған алгоритм. SVM әсіресе, аурулардың түрлі түрлерін ажыратуға және биомаркерлерді диагностикалық мақсатта қолдануға ыңғайлы.

Биоинформатикадағы нақты мысалдар

1. Гендік экспрессия деректерін талдау

М.О. алгоритмдерін, әсіресе логистикалық регрессия мен шешім ағаштарын пайдалану арқылы гендік экспрессия деңгейлерін әртүрлі аурулар арасында салыстырып, биомаркер ретінде қолдануға болатын гендер топтарын анықтайды.

2. МикроРНК экспрессиясындағы ерекшеліктерді анықтау

Тереңдетілген оқыту және нейрондық желілер миРНК деңгейлерін зерттеуде және олардың экспрессиялық үлгілерін күрделі аурулармен байланыстыруда қолданылады. Мысалы, нейродегенеративті ауруларды зерттеуде миРНК деңгейлерін бақылай отырып, аурудың дамуын болжауға болады.

3. Кластерлеу әдістері арқылы микробиоманы зерттеу

К-біріктіру және басқа кластерлеу әдістері микроорганизмдерді олардың генетикалық материалдарына байланысты топтарға бөледі. Бұл әдіс ішек микробиомасын зерттеуде қолданылады, мұнда әртүрлі микробтардың аурулармен байланысы зерттеледі.

4. Суреттерді өңдеу және талдау

Тереңдетілген оқыту әдістері, мысалы, КОНН мен CNN (convolutional neural networks), ауру диагностикасы үшін биопсия немесе басқа да медициналық бейнелердегі аномалияларды анықтау үшін қолданылады.

Деректерді нормалау, масштабтау және тазалау әдістері

1. Нормалау

Нормалау деректерді белгілі бір диапазонға келтіру (мысалы, [0, 1] немесе [-1, 1]) арқылы әртүрлі ерекшеліктердің бірдей масштабта болуын қамтамасыз етеді. Биоинформатикада бұл әдіс әсіресе, гендік экспрессия немесе биомаркер деректерінде қажет, себебі олардың мәндері әртүрлі болуы мүмкін.

2. Масштабтау

Масштабтау деректерді ортасы 0, ал стандартты ауытқуы 1 болатын қалыпқа келтіреді. Бұл әдіс, әсіресе, нейрондық желілер сияқты машиналық оқыту алгоритмдері үшін маңызды, себебі барлық ерекшеліктер бірдей масштабта болған кезде модель жылдамырақ үйренеді.

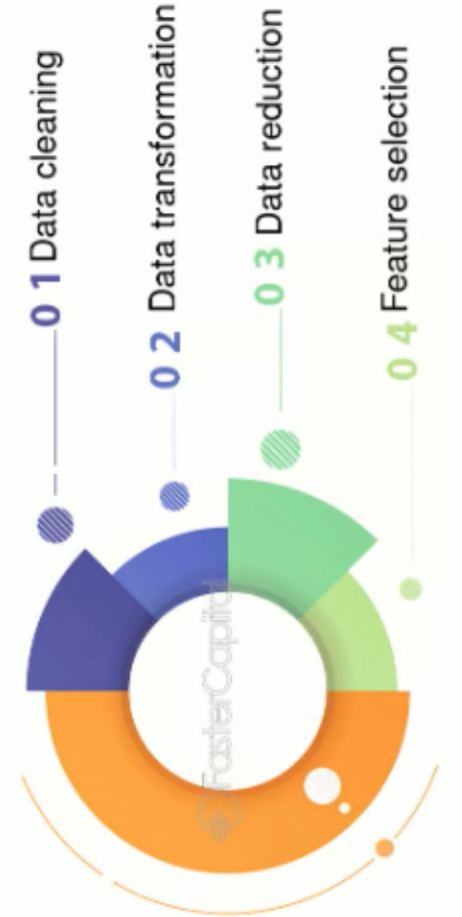
3. Тазалау

Деректерді тазалау — үлгеріспейтін, қателікті немесе жоқ мәліметтерді өңдеуді қамтиды. Мысалы, биоүлгілердегі шум мен қателіктерді алып тастау деректердің сапасын жақсартады. Бұл, әсіресе, биомаркерлердің деректеріндегі жетіспейтін немесе қателікті мәндерді өңдегенде қажет.

4. Қателікті және қайталанатын деректерді жою

Қайталанатын және қате деректерді алып тастау алгоритмдердің тиімділігін арттырады. Биоинформатикада деректердегі қайталанатын мәндер немесе дұрыс жазылмаған нүктелер жиі кездеседі, және оларды жою модельдің нақтылығын арттырады.

Data Preprocessing and Feature Selection



Ерекшеліктерді таңдау және олардың биоинформатикадағы маңыздылығы

Ерекшеліктерді таңдау — ең маңызды деректерді анықтап, оларды модельге енгізу процесі. Биоинформатикада ерекшеліктерді дұрыс таңдау ауруларды диагностикалау немесе биомаркерді анықтау сияқты мәселелерде үлкен маңызға ие.

1. Биомаркерлерді таңдау

Аурудың белгілі бір жағдайымен байланысты биомаркерлерді таңдау — ерекшеліктерді таңдаудың мысалы. Мысалы, гендік экспрессия деректерінде биомаркер ретінде тек аурудың дамуына ықпал ететін гендер таңдалады.

2. Корреляцияны талдау

Ерекшеліктерді таңдау барысында корреляция коэффициенттері қолданылады. Егер екі немесе одан да көп ерекшеліктер арасында жоғары корреляция болса, олардың біреуін алып тастау арқылы модельдің күрделілігін азайтуға болады.

3. Гендік және ақуыздық ерекшеліктер

Гендік немесе ақуыздық ерекшеліктерді таңдағанда тек ең маңызды дегендерін ғана пайдалану арқылы модельді оңтайландыруға болады. Бұл жағдайда гендердің немесе ақуыздардың тек белгілі бір топтары алынуы мүмкін, олар аурулармен байланысты болуы ықтимал.

Машиналық оқытуды қолдану: Іс жүзіндегі мысалдар

Машиналық оқыту әдістері биология мен медицина салаларында, әсіресе онкологияда, нейродегенеративті ауруларды зерттеуде және ген экспрессиясын талдауда маңызды қолданыс тапқан. Бұл әдістер ауруларды ерте диагностикалауға және жаңа терапиялық стратегияларды жасауға мүмкіндік береді.

1. Онкологияда биомаркерлерді анықтау үшін машиналық оқытуды қолдану

Мақсаты:

Онкологияда басты мақсат — қатерлі ісіктің белгілі бір түрлерін дәл диагностикалау үшін және олардың даму механизмін түсіну үшін биомаркерлерді анықтау.

Қолданылатын машиналық оқыту әдістері:

Шешім ағаштары және **қолдау векторлар машиналары (SVM)** — биомаркерлерді жіктеу және ісіктердің түрлерін анықтау үшін пайдаланыла,

Нейрондық желілер және **тереңдетілген оқыту (deep learning)** — молекулярлық деңгейдегі үлкен деректерді талдау үшін қолайлы.

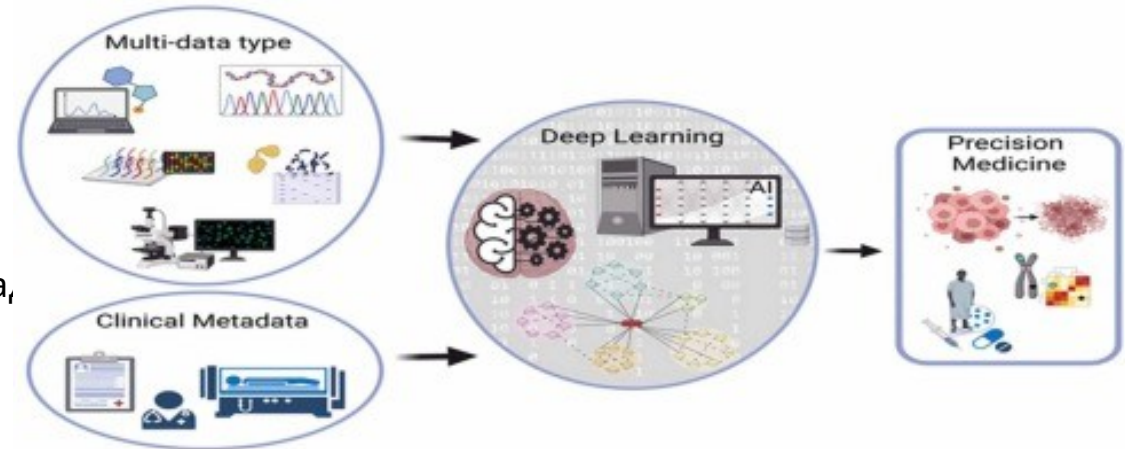
Кластерлеу — аурулардың субтиптерін табу және пациенттерді нақты биомаркер деңгейлері бойынша топтастыру үшін.

Мысалы:

М.О. онкологияда ісік тініндегі гендер немесе ақуыз деңгейлеріндегі өзгерістерді анықтауға көмектеседі. Мысалы, гендік экспрессия деректерін талдай отырып, науқастарды қатерлі ісіктің әртүрлі түрлері мен даму сатылары бойынша топтастыруға болады. Бұл үшін жиі **қолдау векторлар машиналары** қолданылады, себебі олар екі класс арасындағы айырмашылықтарды анықтауда тиімді.

Нәтижелері:

М.О. арқылы қатерлі ісік түрлерінің болжамы және аурудың қайталану қаупі бағалануы мүмкін. Әсіресе, **нейрондық желілер** деректегі жасырын үлгілерді анықтауда өте тиімді, осылайша аурудың агрессивтілігі мен емге жауап беру мүмкіндігін болжай алады.



Жасанды интеллект және биоэтика

Жасанды интеллект (Ж.И.) және машиналық оқыту (М.О.) биоинформатикада зор мүмкіндіктер ашқанымен, олармен байланысты биоэтикалық мәселелер мен шектеулер де маңызды рөл атқарады. Бұл сұрақтар деректердің құпиялылығын сақтау, әділдікті қамтамасыз ету және мүмкін болатын қауіптерді болдырмау үшін өте маңызды.

Машиналық оқытудың биоинформатикадағы шектеулері мен қауіптері

1. Деректер сапасы мен көлеміне тәуелділік

Машиналық оқыту алгоритмдерінің тиімділігі деректердің көлемі мен сапасына тәуелді.

Биоинформатикада толық және дұрыс өңделмеген деректер модельдің нәтижесіне қате немесе сенімсіз қорытындылар жасауға әкелуі мүмкін. Бұл пациенттер үшін дұрыс емес диагноз немесе емдеу жоспарын құру қаупін тудырады.

2. Өлшемділік мәселесі

Биоинформатикалық деректер өте үлкен және күрделі, олар жоғары өлшемділіктен тұрады (мысалы, гендік экспрессия немесе секвенирлеу деректері). Жоғары өлшемді деректер алгоритмдерді дұрыс жұмыс істетпеуі мүмкін, бұл — "өлшемділіктің қарғысы" деп аталады. Бұл мәселе модельдің оқуына қиындық туғызып, жалған позитивті немесе жалған негативті нәтижелерге әкелуі мүмкін.

3. Әділдік пен бейтараптық

Машиналық оқыту деректерге негізделгендіктен, ол бастапқы деректердегі ауытқулар мен теңсіздіктерді модельге бейімдейді. Мысалы, егер бастапқы деректерде белгілі бір жас немесе этникалық топтар аз қамтылған болса, модель бұл топтарға қатысты дұрыс емес немесе бейтарап емес шешімдер қабылдауы мүмкін. Бұл биомедициналық шешімдерге әсер етіп, биомаркерлерді анықтау және диагностикалау саласында әділетсіздікке әкелуі мүмкін.

4. Қате болжамдар және жауапкершілік мәселесі

Ж.И. негізінде қабылданған медициналық шешімдерде қателіктер болуы мүмкін, және мұндай жағдайда жауапкершілікті кімдікі екені туралы сұрақтар туындайды. Бұл мәселе Ж.И.-дың дамуына және оның медицина саласына толықтай енуіне кедергі болуы мүмкін.

Деректердің құпиялылығы және биоэтикалық мәселелер

1. Деректердің құпиялылығы мен қорғау мәселелері

Биоинформатикада пациенттердің генетикалық және клиникалық деректері пайдаланылады, ал бұл өте құпия ақпарат болып табылады. Құпиялылықты қамтамасыз ету үшін бұл деректерді сақтау мен тасымалдауда қауіпсіздік шараларын қамтамасыз ету қажет. Бұл мақсатта **GDPR** сияқты халықаралық құжаттар деректерді қорғауға бағытталған талаптар қойып отыр. Құпиялылықты бұзу деректердің заңсыз қолданылуына және пациенттердің құқығының бұзылуына әкелуі мүмкін.

2. Генетикалық дискриминация қаупі

Генетикалық ақпаратты талдау мен сақтау пациенттердің генетикалық предрасположениясын ашып, оларды әлеуметтік, экономикалық немесе медициналық дискриминацияға ұшыратуы мүмкін. Мысалы, белгілі бір ауруға бейімділігі бар адамдардың генетикалық мәліметтері сақтандыру компанияларының бұл ақпаратты ескеріп, оларға қызмет көрсетуден бас тартуына немесе қымбат бағамен ұсынуына ықпал етуі мүмкін.

3. Жеке медициналық шешімдер және келісім алу

М.О. биомаркерлер негізінде жеке медицинада қолданылып, әр пациентке нақты генетикалық ерекшеліктеріне қарай емдеу жоспарларын құруға көмектеседі. Дегенмен, мұндай шешімдер пациенттердің толық келісімімен ғана жүзеге асырылуы тиіс. Пациенттердің жасанды интеллект негізінде жасалған шешімдерді толық түсінетініне және оларды қабылдауына көз жеткізу керек.

4. Медициналық зерттеулерде адам құқықтарын сақтау

Медициналық және биоинформатикалық зерттеулерде қолданылатын деректер пациенттердің жеке келісімімен алынуы қажет. Бұл биоэтикалық принцип адамның құқықтарын құрметтеу және дербес деректерді сақтау болып табылады. Келісімсіз пайдаланылған деректердің қолданылуы адам құқықтарын бұзып, зерттеулердің заңды жағына да кері әсерін тигізуі мүмкін.

5. Алгоритмдерге түсініктеме беру мүмкіндігі (Explainability)

Машиналық оқыту алгоритмдерінің күрделілігіне байланысты, әсіресе тереңдетілген оқытуда, модель шешімінің логикасын түсіндіру қиын болуы мүмкін. Бұл "қап-қара жәшік" мәселесі деп аталады. Алгоритмдерге түсініктеме беру мүмкіндігі болмағандықтан, оларды қолдану арқылы алынған шешімдерді науқастар мен дәрігерлер түсіне алмайды, бұл сенімділікті төмендетуі мүмкін.

Қорытынды және болашақ бағыттар

Машиналық оқыту (М.О.) биоинформатикада биологиялық және медициналық деректерді талдауды едәуір жеңілдетіп, биомаркерлерді анықтау, гендік экспрессияны талдау, аурулардың алдын алу және диагностика жасау сияқты маңызды салаларда зор үлес қосуда. Бұл технологиялар биоинформатиканы деректерді өңдеу мен талдаудың жаңа деңгейіне шығарып, заманауи медицинаның дамуында жетекші рөл атқаруда.

Машиналық оқытуды дамытудағы биоинформатикадағы қазіргі үрдістер

- 1. Жасанды интеллекттің интеграциясы және көпқабатты нейрондық желілердің дамуы**

Тереңдетілген оқыту нейрондық желілердің мүмкіндіктерін кеңейтіп, биоинформатикада геномдық және протеомдық деректерді жоғары дәлдікпен өңдеуге және талдауға көмектесуде. Жаңа архитектуралардың, соның ішінде конволюциялық нейрондық желілердің (CNN) және рекурренттік нейрондық желілердің (RNN) қолданылуы, суреттерді және уақыттық деректерді өңдеу, аурудың даму динамикасын зерттеу сияқты салаларда жоғары нәтижелерге қол жеткізуді қамтамасыз етеді.
- 2. Биомедициналық мәліметтерді біріктіру және мультиомика**

Биоинформатикада геномика, транскриптомика, протеомика және метаболомика сияқты көп өлшемді деректерді біріктіру үрдісі өсуде. М.О. мультиомикалық деректерді біріктіру арқылы аурудың күрделі механизмдерін түсінуге, сондай-ақ әртүрлі молекулалық деңгейдегі деректерді біріккен түрде талдауға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе жеке медицинада маңызды.
- 3. Жасанды интеллектті генетикалық және микробиомдық зерттеулерде қолдану**

М.О. геном және микробиом деректерін талдауда, экологиялық орталарда микроорганизмдердің өзара әрекеттесуін зерттеуде қолданылады. Мысалы, ішек микробиомының адам денсаулығына әсерін талдау арқылы Ж.И. жалпы аурулар мен денсаулық жағдайларын болжауға мүмкіндік береді.
- 4. Машиналық оқытудың этикасы және ашықтыққа ұмтылыс**

Қазіргі үрдістердің бірі — М.О. алгоритмдерінің шешім қабылдау механизмдеріне ашықтық пен түсініктеме беру мүмкіндігін енгізу. Алгоритмдердің интерпретациясы медициналық шешімдерді қабылдауда маңызды рөл атқарады, әсіресе "қап-қара жәшік" мәселесін шешуде, бұл медицина мен генетикадағы алгоритмдерге сенімділікті арттыру үшін қажет.

Биоинформатикадағы алдағы инновациялар мен мүмкіндіктер

1. Құрылымдық және көпжақты биомедициналық деректерді біріктіру

Алдағы уақытта молекулалық биологияның көптеген салаларындағы деректерді кешенді түрде біріктіру арқылы дәлме-дәл емдеуді дамыту мүмкіндігі пайда болады. Мысалы, тек геномдық деректермен ғана емес, сонымен қатар эпигеномдық, протеомдық, транскриптомдық, және метаболомдық деректермен жұмыс істеу, сондай-ақ клиникалық және физиологиялық деректерді қоса отырып, көп қырлы талдау мүмкіндігіне ие болу.

2. Ауруларды ерте анықтау және диагностикалау үшін жаңа биомаркерлерді іздеу

М.О. аурулардың ерте диагностикасы үшін жаңа биомаркерлерді іздеуде қолданылатын болады. Мұнда әсіресе миРНК, метилденген ДНК аймақтары, протеомикадағы ақуыз профилдері сияқты жаңа биомаркер түрлері үлкен маңызға ие болады. Бұл ауруларды ерте кезеңде анықтап, олардың дамуын болдырмауға мүмкіндік береді.

3. Жеке медицина және нақты емдеу

Биоинформатика мен М.О.-дың дамуымен пациенттің жеке генетикалық, эпигенетикалық, және метаболомдық ерекшеліктеріне негізделген емдеу жолдары құрылуы мүмкін. Мұндай тәсіл емдеудің тиімділігін арттырып, жанама әсерлерді азайтуға мүмкіндік береді.

4. Жасанды интеллект арқылы гендік инженерия және CRISPR

Ж.И. CRISPR әдісінің негізінде ДНК-ны өңдеуде қолданыс таба алады, бұл генетикалық өзгерістерді мақсатты түрде енгізуді жетілдіреді. Гендік инженерия және жасанды интеллекттің бірлесуі әртүрлі тұқым қуалайтын аурулармен күресу үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

5. Үлкен биомедициналық деректерді өңдеудің жаңа технологиялары

Алдағы жылдары М.О. мен Ж.И. өте үлкен деректерді өңдеуді жеңілдететін есептеуіш қуаты жоғары технологиялармен қолданылады. Кванттық есептеу сияқты технологиялар өте үлкен және күрделі деректерді тиімді өңдеу мүмкіндігін арттырады.

6. Этика және құқықтық реттеу

М.О. мен Ж.И.-ды медицинада қолдану этикалық және құқықтық сұрақтарды шешуді қажет етеді. Мысалы, генетикалық деректерді сақтау мен қолдану, пациенттің құқықтарын қорғау, алгоритмдердің әділдігі мен бейтараптығын қамтамасыз ету үшін жаңа құқықтық шаралар қабылдануы мүмкін.

Қорытынды

Жасанды интеллект пен машиналық оқыту биоинформатика мен медицинаның алдыңғы қатарлы бағыттарын дамыта отырып, олардың болашағына маңызды өзгерістер енгізуде. Бұл технологиялар дәлелденген биомаркерлерді анықтау, ауруды диагностикалау, жеке емдеу әдістерін жетілдіру үшін үлкен мүмкіндіктер ашуда. Сонымен қатар, Ж.И.-дың әрі қарай дамуы жаңа биоэтикалық және құқықтық мәселелерді шешуді талап етеді.

Жалпы, болашақта биоинформатикада жасанды интеллектті қолдану медицина мен молекулалық биологияда революциялық өзгерістер жасауға және адамзаттың денсаулығын жақсартуға зор үлес қосатыны анық.