# 7.2. Імерсивні технології

Імерсія – це особливий стан свідомості, що супроводжується відчуттям глибокого занурення в іншу реальність. Досягти цього ефекту вдається завдяки особливим заходам та застосуванню інноваційних технологій. Спочатку розробники пристроїв прагнули підвищити якість імерсії з метою глибшого занурення користувачів в ігрову реальність, але з часом їх досягнення були адаптовані і для інших сфер життєдіяльності.

Імерсивні технології (Immersive Technologies) — це інтеграція віртуального вмісту з фізичним середовищем таким чином, що дозволяє користувачеві природно взаємодіяти зі розширеною реальністю. У досвіді занурення користувач приймає віртуальні елементи свого середовища як частину цілого, потенційно стаючи менш усвідомленим, що ці елементи не є частиною фізичної реальності.

До імерсивних технологій можна віднести наступні технології.

* **Розширена реальність (eXtended Reality, XR)** – це загальна назва технологій, які об'єднують реальний світ і віртуальні елементи. Вона містить три основні категорії: Доповнена реальність (Augmented Reality, AR), Віртуальна реальність (Virtual Reality, VR), Змішана реальність (Mixed Reality, MR). Розширена реальність з'єднує фізичні та віртуальні світи, щоб зробити життя зручнішим і цікавішим.
* **Голограма в доповненій реальності (Augmented Reality Hologram)** – віртуальний 3D-об'єкт, який виглядає як голограма і накладається на реальний світ за допомогою технології доповненої реальності. Це дозволяє користувачеві бачити та взаємодіяти з голограмами через пристрої, такі як смартфони, планшети чи AR-окуляри.
* **360-градусні зображення та відео (VR 360 VIDEOS)** дозволяють користувачеві дивитися на об'єкт зі всіх боків. Використовуватися для створення віртуальних турів, для навчання та розваг.
* **Телеприсутність (TelePresence)** – технологія, яка дозволяє людям відчувати себе так, ніби вони є в одному фізичному просторі, навіть якщо вони розділені великими відстанями. Вона поєднує відеоконференції, високоякісне аудіо та іноді 3D-графіку, включаючи голограми, для створення ефекту реальної присутності.
* **Цифровий двійник (Digital Twin)** – віртуальна копія фізичного об'єкта або процесу, яка використовується для моделювання його поведінки та характеристик. Цифровий двійник може бути створений для будь-якого об'єкта або процесу від промислового обладнання до біологічних систем.
* **FPV дрони (First Person View)** – особливий вид дронів, що забезпечують перегляд від першої особи з погляду самого дрону. Пілот носить FPV окуляри або використовує FPV монітор для перегляду живого відео, яке передається камерою, встановленою на дроні.

Допоміжними технологіями для захоплюючого досвіду є гарнітури AR, MR і VR, 3D-дисплеї, 3D-аудіо, розпізнавання жестів, просторове сприйняття, розпізнавання мови, тактильні пристрої, дрони, камери та бігові доріжки.

Технології занурення існують у різних точках того, що іноді називають континуумом віртуальності, діапазону, який має чисте фізичне середовище на одному полюсі та повністю захоплюючу віртуальну реальність на іншому.

* Повна імерсія. Користувач повністю занурюється у віртуальну реальність і не може бачити або чути навколишній світ. Приклади: VR-гарнітури, VR-театри, VR-світи.
* Часткова імерсія. Користувач частково занурюється у віртуальну реальність, і може бачити чи чути навколишній світ. Приклади: AR-окуляри, MR-гарнітури.
* Пасивна імерсія. Користувач пасивно спостерігає за віртуальною реальністю. Приклади: 360-градусні відео, VR-фільми.
* Активна імерсія. Користувач може взаємодіяти з віртуальною реальністю. Приклади: VR-ігри, AR-програми.
* Проекційна імерсія. Технологія, яка дозволяє створювати віртуальні світи на великих поверхнях, таких як стіни або підлога. Приклади: проекції у виставкових залах, на сцені.
* Тактильна імерсія. Технологія, яка дозволяє користувачеві відчувати віртуальні об'єкти. Приклади: тактильні рукавички, костюми.

### Розширена реальність

Розширена реальність (eXtended Reality, XR) — це термін, який охоплює кілька технологій, але також описує спектр методів зміни реальності, включаючи віртуальну реальність (Virtual Reality, VR), доповнену реальність (Augmented Reality, AR) та змішану реальність (Mixed Reality, MR).



Рис. Складові розширеної реальності

### Віртуальна реальність

Віртуальна реальність надає можливість користувачам взаємодіяти з 3D цифровим контентом, закриваючись від фізичного світу. Технології віртуальної реальності занурюють глядачів за допомогою екранів та елементів керування. Взаємодіяти з віртуальним середовищем можна за допомогою контролерів, рукавичок, трекерами всього тіла.

Системи віртуальної реальності містять ряд складових: обладнання (наприклад, смартфони та окуляри віртуальної реальності), програмне забезпечення, користувацький інтерфейс і людські характеристики, такі як сприйняття, пізнання та емоції.

Для доступу до контенту користувачі віртуальної реальності використовують гарнітуру, таку як Meta Quest, Pico, Sony PlayStation VR, Apple Vision тощо. Шолом містить дисплей перед очима і повністю закриває огляд. До більш інтерактивних віртуальних середовищ можуть бути включені ручні контролери, дозволяючи користувачам виконувати такі дії, як переміщення у віртуальному світі та взаємодія з віртуальними предметами та іншими користувачами.

Приклади застосування віртуальної реальності.

* Ігри. Найпопулярніша сфера, з якої почалася популяризація.
* Навчання. Симулятори польотів, хірургічних операцій, роботи на небезпечних виробництвах.
* Архітектура та дизайн. Віртуальні тури будівлями, які ще не побудовані або географічно віддалені.
* Соціальні взаємодії. Платформи типу VRChat, де люди спілкуються через аватари.

### Доповнена реальність

Доповнена реальність - це накладання цифрових об'єктів або інформації на зображення реального світу. Реальний світ залишається основним, а цифрові елементи його «доповнюють». Технологія дозволяє користувачеві бачити фізичний світ через пристрій, такий як смартфон, планшет, окуляри або інший AR-пристрій. Цифровими об'єктами можуть бути 3D-графіка, текст, звук і відео, які вбудовуються в реальне оточення.

Популярні застосування доповненої реальності.

* Фільтри в соціальних мережах. Маски в Instagram/Snapchat.
* Ігри. Найяскравіший приклад — Pokémon Go.
* Роздрібна торгівля. «Примірювання» одягу або взуття онлайн, перегляд, як меблі виглядатимуть у кімнаті (IKEA Place).
* Навігація. Стрілки, що накладаються на дорогу через екран телефону.
* Освіта. Інтерактивні 3D-моделі органів тіла в підручниках.

### Змішана реальність

Змішана реальність — це найбільш просунута та захоплива форма об'єднання цифрового і фізичного світів. Це не просто накладання картинки, а складне об'єднання віртуального і реального світів. Цифрові об'єкти можуть інтегруватися у реальне оточення, взаємодіяти з реальними об'єктами в реальному часі, бути просторово прив'язаними до певного місця в кімнаті.

Головна відмінність від доповненої реальності — це контекстне розуміння середовища. MR-пристрій не просто показує голограму, він розуміє навколишній простір, щоб голограма могла з цим простором взаємодіяти. Для такої складної взаємодії MR-пристрої (як Microsoft HoloLens або Apple Vision Pro) оснащені потужним набором датчиків і технологій

* Сенсори глибини та лідари сканують кімнату, створюючи її точну 3D-карту (меш), вимірюючи відстані до всіх об'єктів.
* Просунуті камери постійно аналізують оточення, розпізнаючи поверхні (підлога, стіни, стіл), об'єкти та їхній розмір.
* Інерційні давачі відстежують найменші рухи користувача та розташування пристрою в просторі.

Штучний інтелект аналізує всі дані з датчиків у реальному часі, щоб розуміти, що навколо відбувається, і коректно розміщувати віртуальні об'єкти. Віртуальні об'єкти можуть бути прив'язані до конкретної точки у фізичному просторі, перебувати позаду або попереду реальних. Віртуальний світ реагує на фізичні перешкоди. Наприклад віртуальна кулька може відскочити від реальної стіни, а цифрова вода — розлитися на реальному столі.

Голограмами можна керувати за допомогою погляду, жестів рук і голосу. Щоб відкрити меню, достатньо подивитися на кнопку та зробити клацання пальцями у повітрі. Все відбувається інтуїтивно, без контролерів.

Приклади застосування змішаної реальності

* Дистанційна підтримка. Експерт з іншого міста бачить через окуляри віддалене місце, і може малювати голограмні стрілки та інструкції прямо на обладнанні.
* Студенти можуть працювати з інтерактивною голограмною моделлю механізму.
* Мандрівка 3D-моделлю будівлі, що існує лише як голограма в реальному просторі.
* Історичні реконструкції, де стародавні споруди відновлюються в їх реальному місці розташування.
* Віртуальні наради, де учасники з різних міст з'являються у вигляді голограм у одній кімнаті.

Змішана реальність — це стрибок у майбутнє, технологія, яка забирає межі між бітами та атомами, створюючи єдиний простір. Вона має потенціал кардинально змінити парадигми науки, освіти, розваг тощо. Зараз наука та розробники на початку цього шляху.

### Веб-доповнена реальність

Веб-доповнена реальність – це технологія доповненої реальності, яка працює прямо у браузері, без необхідності встановлювати спеціальні програми. Вона дозволяє користувачам взаємодіяти з віртуальними об'єктами, які накладаються на реальний світ, використовуючи лише камеру пристрою та браузер.

Користувачеві достатньо відкрити сайт або відсканувати QR-код, щоб запустити AR-досвід. Браузер отримує доступ до камери та аналізує навколишній простір. Віртуальні об'єкти або ефекти накладаються на зображення реального світу, яке показує камера.

WebAR зазвичай базується на стандартах, таких як WebXR або WebGL, які дозволяють обробляти 3D-графіку та взаємодію з навколишнім середовищем. Використовуються технології відстеження об'єктів та просторів.

IKEA використовує WebAR, щоб показати, як меблі будуть виглядати у будинку. Можна вибрати диван або стіл та розмістити його у кімнаті, використовуючи камеру телефону. Компанії Coca-Cola або Nike запускають інтерактивні рекламні акції. Після наведення камери на банку або коробку на екрані з'являться анімації або міні-ігри. Наукові музеї використовують WebAR, щоб показати, як виглядали динозаври або як функціонують органи людини. Достатньо зісканувати QR-код біля експонату, то можна побачити анімацію на екрані телефону.

WebAR працює на більшості сучасних пристроїв (смартфонів та планшетів). Користувач може отримати доступ до WebAR через QR-коди, посилання або банери на сайтах.

### Голограма в доповненій реальності

Голограма в доповненій реальності – це технологія, яка дозволяє користувачам бачити голограми у реальному світі –тривимірні зображення, які створюються за допомогою лазерів. Вони можуть бути статичними чи анімованими.

AR-голограма працює, використовуючи комбінацію камери пристрою користувача, давачів та програмного забезпечення. Камера пристрою користувача використовується для захоплення реального світу. Давачі використовуються для визначення розташування та орієнтації пристрою користувача у просторі. Програмне забезпечення використовується для створення та відображення голограми на екрані пристрою користувача.

#### Приклади AR-голограм

* Голографічні концерти та виступи, коли голографічні образи музикантів та артистів наживо з'являються на сцені. ABBA Voyage – шоу з голографічними зображеннями учасників групи. Глядачі можуть побачити артистів, що пішли з життя, або тих, хто фізично не може бути присутнім.
* В деяких музеях, таких як Британський музей або Лувр, AR-голограми використовуються для відображення стародавніх артефактів у їхньому первісному вигляді. Віртуальні голограми відновлюють зруйновані пам'ятки чи початковий вигляд історичних об'єктів. Голографічні гіди розповідають історії про експонати.
* Реклама з використанням AR-голограм. Pepsi Max використала AR-голограми на автобусних зупинках у Лондоні. Пасажири бачили віртуальні сцени через скло, де, наприклад, інопланетяни приземлялися на вулицю або тигр виходив з-за рогу.
* AR-голограми використовуються для подання складних наукових даних. Наукові конференції показують AR-голограми клітин, вірусів чи органів для навчання лікарів та студентів.
* Деякі компанії розробляють AR-голограми для віртуальних помічників. В аеропортах або торгових центрах такі помічники можуть у вигляді голограм підказувати маршрути або надавати інформацію про товари.

Використання голограм у телефонних дзвінках – це інноваційна технологія, яка вже перебуває на стадії розробки та тестування. Основна ідея полягає в тому, щоб замінити традиційні відеодзвінки на більш реалістичну та тривимірну взаємодію, де співрозмовник відображається як голограма в реальному просторі.

Google працює над проектом, який дозволяє користувачам спілкуватися через 3D-голограми. Під час дзвінка співрозмовник відображається як голографічне зображення, створюючи ілюзію реального присутності. Використовуються просунуті камери та давачі для захоплення тривимірного зображення. Голограма співрозмовника відображається у натуральну величину.

Компанії ARHT Media та Cisco також розробляють рішення для голографічних відеодзвінків.

У 2018 році Vodafone провела демонстрацію першого голографічного дзвінка у Великій Британії. Під час дзвінка один з учасників, який перебував далеко, з'явився у вигляді голографічного зображення. На ділових зустрічах голографічні образи учасників можуть бути присутніми в конференц-залі. Подібні дзвінки можуть бути використані в майбутньому для віддалених інтерв'ю, консультацій або спілкування з сім'єю та друзями.

Голограма може бути сформована з інформації, яка береться від користувача, його фотографій чи портретних зображень. Голограми створюються за допомогою переплетення лазерних променів, які зберігають інформацію про довжину хвиль, створюючи тривимірне зображення об'єкта.

Голографічні телефонні дзвінки - це перспективний напрямок, який може змінити уявлення про спілкування на відстані. Хоча технології ще перебувають на стадії розвитку, найближчими роками очікується їх ширше впровадження у ділові та особисті комунікації.

### 360-градусні зображення та відео

360-градусні картинки та відео - це зображення та відео, які дозволяють користувачеві дивитися на об'єкт зі всіх боків. 360-градусні зображення та відео створюються за допомогою спеціального обладнання, яке одночасно знімає з кількох камер.

360-градусні зображення та відео можна переглядати за допомогою спеціальних пристроїв, таких як VR-гарнітури, або на звичайних пристроях, таких як смартфони або комп'ютери. При перегляді 360-градусних картинок та відео користувач може повертати їх у будь-якому напрямку.

Переваги 360-градусних картинок та відео:

* 360-градусні картинки та відео дозволяють користувачеві відчути себе в центрі події, що робить їх більш реалістичними, ніж звичайні зображення та відео.
* Користувач може самостійно вибирати, на що дивитися, що робить 360-градусні картинки та відео більш інтерактивними, ніж звичайні.
* 360-градусні картинки та відео можуть використовуватися для створення більш інтерактивних та захоплюючих навчальних матеріалів та розваг.

Загалом, 360-градусні картинки та відео – це нова та перспективна технологія, яка має потенціал змінити різні сфери життя. Створення 360-градусних картинок потребує застосування спеціальних технологій, які дозволяють захопити все оточення та подати його в інтерактивному форматі. Незалежно від обраного методу, створення 360-градусних картинок потребує певних навичок та знань у галузі фотографії та обробки зображень.

Існують різні методи та інструменти для створення таких зображень:

* **Фотографія за допомогою панорамної камери.** Найпростішим способом створення 360-градусного зображення є використання панорамної камери. Ця камера спеціально розроблена для захоплення ширококутних зображень та забезпечує швидке та якісне створення панорами. Фотограф за допомогою такої камери може зробити кілька знімків, що охоплюють всю область навколо нього, а потім об'єднати їх у єдине зображення.
* **Зйомка з використанням спеціального обладнання.** Для створення 360-градусних картинок також використовується спеціальне обладнання, яке дозволяє встановити камеру на певній висоті та створити панораму без спотворень. Наприклад, використання гігантського штативу або спеціальної платформи, на яку встановлюються кілька камер.
* **Спеціалізоване програмне забезпечення.** Створення 360-градусних картинок також можливе за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Ці програми дозволяють об'єднати кілька знімків у сферичну панораму та надають додаткові можливості для обробки зображень та додавання інтерактивності.

Віртуальна реальність і 360-градусні картинки вже зараз дозволяють користувачам поринути в унікальні та захоплюючі світи. Канали віртуальної реальності в Youtube: Vr 360 kids 3D, 360 vrbox та інші містять підібрану колекцію величезної кількості вражаючих 360-градусних відео. 360-градусні записи дозволяють користувачеві досліджувати віртуальний світ, просто рухаючи мишею.

Активно розвивається сфера віртуальної реальності, і в найближчому майбутньому очікується покращення інтеграції 360-градусних картинок з VR-пристроями. Це дозволить користувачам ще глибше поринути у віртуальні світи та створить ще більш захоплюючий досвід.

### Телеприсутність

Телеприсутність - це технологія, яка дозволяє створити відчуття віддалених учасників в одному місці. Вона зазвичай використовується для відеоконференцій та віртуальних зустрічей, але відрізняється високою якістю звуку, зображення та реального часу взаємодії, створюючи ефект, ніби учасники знаходяться в одній кімнаті. Ефект присутності досягається завдяки низці ключових аспектів, спрямованих на мінімізацію відчуття дистанції між учасниками та створення ілюзії, ніби всі знаходяться в одному приміщенні.

* **Персональні системи TelePresence.** Користувач сидить перед екраном комп'ютера, ноутбука або спеціального пристрою із вбудованою камерою та мікрофоном.
* **Групові системи TelePresence.** Користувач знаходиться у спеціально обладнаній кімнаті, де один або кілька великих екранів встановлені таким чином, щоб створювалося відчуття сидіння за спільним столом. Налаштування меблів, екранів та освітлення створює ілюзію єдиного простору. Наприклад, учасники бачать віртуальний спільний стіл.
* **Імерсивні TelePresence-системи.** Користувач знаходиться у спеціально спроектованому приміщенні, де його оточують кілька великих вигнутих чи панорамних екранів. Учасники буквально "огорнуті" віртуальним простором. Звук приходить з різних напрямків, імітуючи реальне положення того, хто говорить.

Основні особливості TelePresence:

* Висока якість відео та звуку. Чіткий звук без затримок, що робить розмову природною.
* Пристрої TelePresence мають великі екрани, які відповідають реальному розміру людини.
* Налаштування камери та мікрофона імітує контакт очей та природне сприйняття голосу.
* Можливість обміну документами та спільної роботи в реальному часі.
* Підключення до інших платформ для відеозв'язку, таких як Zoom, Microsoft Teams, Webex.

Ці технології разом формують відчуття, що учасники знаходяться у безпосередній близькості один від одного, незважаючи на фізичну дистанцію. Чим вища якість всіх елементів, тим сильніший ефект присутності.

Чим більше система імітує природне спілкування, тим швидше користувачі звикають і забувають, що вони взаємодіють через екран. Висока реалістичність відео та звуку зменшує напругу, створюючи більш розслаблену обстановку.

### Цифрові двійники

Цифрові двійники - це віртуальні моделі фізичних об'єктів, систем або процесів, які дозволяють у реальному часі відстежувати їхній стан, аналізувати дані та прогнозувати поведінку.

Цифровий двійник можна побачити та взаємодіяти з ним у різних формах, як у простій графічній формі, так і у складних імерсивних середовищах залежно від цілей використання, обладнання та програмного забезпечення.

* 2D-інтерфейси та панелі моніторингу. Є інформаційними панелями, які показують ключові параметри та дані про об'єкт у реальному часі. Використовуються для моніторингу стану обладнання в режимі реального часу, у системах керування підприємствами. Показуються графіки, таблиці, індикатори, схеми із основними параметрами (температура, тиск, продуктивність).
* 3D-моделі. Візуальна 3D-репрезентація об'єкта або системи дозволяє побачити її в об'ємній формі. Використовуються для проектування будівель, машин, інфраструктур, у виробництві, щоб відстежувати стан обладнання. Показуються повноцінні моделі, які можна обертати, масштабувати та досліджувати.
* Доповнена реальність. Поєднання цифрового двійника з фізичним середовищем через спеціальні пристрої, такі як смартфони, планшети або AR-окуляри. Використовується для обслуговування обладнання, коли інженер бачить внутрішні компоненти машини через AR-окуляри, у будівництві як накладання віртуальної моделі будівлі на реальне місце. Показуються об'єкт чи система, що накладені на фізичний світ, з підказками чи мітками для взаємодії.
* Віртуальна реальність. Повністю віртуальне середовище, в якому користувач може взаємодіяти з цифровим двійником. Використовується для навчання операторів або проведення симуляцій у безпечному середовищі, для тестування складних сценаріїв, наприклад, в авіації чи медицині. Показується повністю віртуальна копія об'єкта чи системи. Користувач може перебувати всередині моделі та взаємодіяти з її елементами.
* Змішана реальність. Комбінація віртуальних та реальних об'єктів, де цифрові елементи можуть взаємодіяти з фізичними. Використовується у виробництві та обслуговуванні складних об'єктів, для створення розумних заводів чи розумних міст. Показується цифровий двійник, який реагує на реальне середовище та взаємодію з користувачем.
* Інтерактивні симуляції та «цифрові пісочниці». Користувач взаємодіє з цифровим двійником через комп'ютерну програму, де можна змінювати параметри та моделювати різні сценарії. Використовується для моделювання роботи складних об’єктів, для тестування нових маршрутів. Показуються повноцінні симуляції, що відображають наслідки змін у системі.

### FPVДрони

FPV дрони - це безпілотні літальні апарати, що оснащені камерою і передають відео в реальному часі на пристрій пілота. Це означає, що пілот може керувати дроном, використовуючи відеопотік, який передається на екран. Це надає йому відчуття знаходження в кабіні дрона.

Переваги перед звичайними безпілотниками:

* FPV-дрони дозволяють пілоту бачити світ з погляду дрону, що створює більш захоплюючий та реалістичний досвід. Це особливо корисно для таких видів діяльності, як аерозйомка, спостереження та розвідка.
* Управління від першої особи. Пілот керує дроном у спеціальних окулярах з екранами, що надає більше контролю, особливо на великій швидкості. Пілоту бачить простір навколо дрона, що допоможе уникнути зіткнень.
* Висока швидкість польотів, завдяки малій вазі і великому вибору моторів, що замінюються, і різних компонентів, вони можуть розвивати більше від 100 км/год.
* Можливість зібрати дрон під вимоги: легкий дрон для швидких польотів і трюків, дрон з великим акумулятором для далеких польотів. FPV дрони представляють конструктор, в якому можна налаштувати потрібний комплект.

FPV дрони працюють за допомогою комплексної системи, що складається з кількох ключових компонентів: камера, передавач, приймач і контролер керування.

* Камера встановлюється на передній частині дрону і може мати різні кути огляду, як правило, від 90 до 180 градусів. Камера записує відео в режимі реального часу та передає його через передавач на екран пілота.
* Передавач – важливий компонент, що передає відеосигнал від камери дрона на приймач пілота. Він використовує частоту 5,8 ГГц, яка забезпечує високу швидкість передачі даних та якість зображення.
* Приймач - це компонент, який дозволяє пілотові отримувати відеосигнал від дрона на екрані свого пристрою. Він може бути встановлений на окулярах або на пульті керування. Приймач використовує таку ж частоту 5,8 ГГц, як і передавач.
* Мотори в FPV дронах управляються за допомогою електронного швидкісного регулятора, який підключається до контролера управління дроном. Регулятор керує швидкістю обертання кожного мотора, що дозволяє пілоту точно контролювати напрямок та швидкість польоту дрону.

При використанні FPV дронів пілот надягає окуляри або підключає екран до приймача, щоб отримувати відеопотік у режимі реального часу. Відеопотік від камери передається через передавач та приймач пілота, що дозволяє йому бачити, куди летить дрон. Це робить управління дроном більш точним і дозволяє пілотові робити складніші маневри, такі як віражі та обліт об'єктів.

FPV дрони мають багато застосувань у різних сферах, включаючи розваги, спорт, професійну зйомку та моніторинг навколишнього середовища.

В Україні FPV дрони використовують у військових цілях. Вони можуть літати на великих висотах та оснащуватися різними сенсорами, включаючи термальні камери та інфрачервоні сенсори. FPV дрони є дуже ефективним точковим засобом знищення мобільних цілей на фронті.

## Основні тенденції розвитку імерсивних технологій:

Імерсивні технології активно розвиваються і знаходять застосування в різних галузях, від ігор та розваг до медицини та промисловості.

* Розвиток пристроїв та апаратного забезпечення. Сучасні VR/AR гарнітури стають все більш компактними та легкими. Нові пристрої пропонують покращену ергономіку, що дозволяє носити їх тривалий час. Постійне підвищення якості дисплеїв. Пристрої більше не потребують підключення до потужних комп'ютерів, забезпечуючи свободу переміщення. Поява пристроїв, які можуть перемикатися між віртуальною та доповненою реальністю, такі як гарнітури змішаної реальності.
* Широке застосування штучного інтелекту. Створення реалістичних віртуальних персонажів, які адаптуються до дій та мовлення користувача. В AR пристроях штучний інтелект допомагає точно розпізнавати реальні об'єкти та покращувати взаємодію з ними. Створюються динамічні та персоналізовані віртуальні оточення, що адаптуються під користувача.
* Хмарні технології та стрімінг контенту. Завдяки хмарним обчисленням, користувачі можуть отримувати доступ до високоякісних імерсивних програм без необхідності в потужному локальному обладнанні. Як і відеоігри, VR-досвід може бути переданий через інтернет, дозволяючи миттєво отримувати доступ до великого обсягу контенту.
* Тактильний зворотний зв'язок та розширені інтерфейси. Рукавички, костюми та контролери з тактильним зворотним зв'язком дозволяють користувачеві відчувати віртуальні об'єкти. Точні системи відстеження рук, очей та всього тіла покращують занурення. Починаються розробки, що дозволяють користувачам взаємодіяти із віртуальним світом за допомогою сигналів мозку.
* Інтеграція з реальним життям, Метавсесвіт та змішана реальність. Концепція віртуальних просторів, де люди можуть взаємодіяти, працювати та проводити час у єдиній цифровій екосистемі. Метавсесвіти стають платформами для навчання, зустрічей, розваг і навіть покупок. Пристрої змішаної реальності інтегрують віртуальні елементи у реальний світ, дозволяючи користувачам взаємодіяти одночасно з фізичними та віртуальними об'єктами.