



Co-funded by
the European Union

Įsivaizduokite ateitį su bioniniu kūnu, naudojant papildytąją realybę (AR)



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





TURINYS

Įvadas.....	2
Tyrinėjimas.....	3
Gamtos įgūdžiai: Bioįkvėpimas moksle ir technologijose	3
Papildytosios realybės (AR) integracija: biologiškai įkvėpto mokymosi gerinimas	4
Biologija kaip modelis: gamtos ir technologijų jungtis per papildytosios realybės integraciją.....	4
Papildyta realybė biologinių ir technologinių analogijų supratimui.....	5
Biomimetinis įkvėpimas robotikai ir dirbtiniam intelektui per papildytąją realybę	6
AR integracija biomimetinėje robotikoje ir dirbtiniame intelekto	6
Biologiškai įkvėpti miniatiūriniai įrenginiai: AR ateities technologijų kūrimui	6
AR pagrįstas biologiškai įkvėptų miniatiūrinių prietaisų projektavimas ir testavimas	7
Biologinės medžiagos žmogaus organizmui	7
Papildytoji realybė (AR) biologiškai įkvėptame medžiagų moksle	8
Daugiafunkcinės ir tvrios biomedžiagos	11
Biosensoriai ir jų taikymas: naujas matmuo su papildyta realybe (AR)	12
Biosensorių supratimas ir jų vaidmuo šiuolaikinėse technologijose	12
Papildytoji realybė (AR) kaip biosensorių technologijos tyrinėjimo įrankis	12
Bioelektroniniai jutikliai: AR pagrįstos diagnostikos pažanga	13
AR vaidmuo gerinant bioelektroninių jutiklių tyrimus.....	13
5.4 Išmanieji polimerai biomedicinos inžinerijoje: papildytoji realybė medžiagų modeliavimui	13
AR bioninių protezų kūrime ir mokyme	14
Taikymas. Biologiškai įkvėptos regėjimo technologijos su papildyta realybe (AR)	15
Panoptai ir bioninė akis: naujas mokymosi metodas naudojant papildytąją realybę	15
AR patobulinti eksperimentai vizualinio suvokimo srityje	15
Techninis ryšys: papildyta realybė (AR) tinklainės protezų ir regėjimo atkūrimo tyrimams	15
Mokymosi tikslai su AR integracija	16
Įvadas ir motyvacija: Vizualinio mokymosi gerinimas naudojant AR	16
Eksperimentinė sąranka su AR palaikymu	17
Procedūra su AR patobulinimais.....	17
Vertinimas ir įvertinimas	18
Išvada: AR ateitis regėjimo moksle	18
Literatūra	19





Bendra mokymosi kelio tema	Įsivaizduokite ateitį su bioniniu kūnu
Konkretus mokymosi vieneto pavadinimas	Bioįkvėpimas, inovacijos ir žmogaus kūnas
Tikslinių vartotojų amžius	14–18 metų
Reikalavimai besimokančiajam	Pagrindinės matematikos, biologijos, fizikos, chemijos žinios Prieiga prie AR suderinamų įrenginių (išmaniųjų telefonų, planšetinių kompiuterių arba AR akinų)
Mokymosi vieneto aprašymas	Šiame skyriuje mokytojai ir mokiniai supažindinami su bioįkvėpimu daugiadiscipliniame mokymosi procese, kartu įtraukiant papildytąją realybę (AR), kad patirtis būtų įtraukiausia ir interaktyvesnė . • Studentai nagrinės, kaip gamta įkvepia sprendimus biomedicinos, robotikos ir protezavimo srityse , naudodami papildytosios realybės (AR) modeliavimą , kad vizualizuotų biologiškai įkvėptas technologijas žmogaus kūno pritaikymuose. • AR įrankiai leis vartotojams sąveikauti su bioninių galūnių, dirbtinių organų ir biomimetinių medžiagų 3D modeliais . • Atlikdami papildytosios realybės (AR) technologija pagrįstas veiklas , mokiniai vizualizuos ir manipuluos molekulinėmis struktūromis , imituos biomechaniką ir stebės gamtos įtaką žmonių inovacijoms .
Tema: Dalyvaujančios šalys	Fizika, chemija, biologija, matematika
Raktiniai žodžiai	Biologija, bioįkvėpimas, biomimetika, biodizainas , žmogaus kūnas, papildyta realybė
Pagrindinės kvalifikacijos, įgūdžiai ir žinios, kurias galima įgyti	• Gamtos vaidmens mokslinėse inovacijose supratimas • Biomimetinių sprendimų žmogaus kūno iššūkiams tyrinėjimas





	• Praktinė patirtis su AR pagrindu sukurtais STEM programomis • Problemų sprendimo įgūdžių lavinimas kuriant biologijos įkvėptus sprendimus • Tarpdisciplininis mokymasis per AR patobulintą turinį
Naudoti ištekliai ir didaktinės priemonės	• Papildytos realybės programos interaktyviam mokymuisi • Biologiškai įkvėptų dizainų (pvz., bioninių galūnių, sintetinės odos) 3D modeliavimas • Moksliniai straipsniai, knygos ir internetinės papildytosios realybės edukacinės platformos • Vaizdo įrašai, animacijos ir virtualios atvejų analizės • Mokslinių internetinių seminarų ir ekspertų interviu rezultatai
Vertinimo kriterijai ir vertinimas	• Žinių ir įgūdžių įgijimas vertinamas atliekant papildytosios realybės (AR) pagrindu atliktus testus, interaktyvias problemų sprendimo užduotis ir mokantis projektais. • Studentų pristatymai, kuriuose pristatomi jų pačių sukurti biologijos įkvėpti, papildytosios realybės (AR) pagrindu sukurti dizainai • Įsitraukimo ir supratimo vertinimas naudojant realaus laiko AR pagrindu veikiančias grįžtamojo ryšio sistemas

Įvadas

Per milijonus metų evoliucija pavertė gamtą neprilygstamu itin efektyvių sprendimų šaltiniu. Tyrinėdami ir imituodami biologines sistemas, žmonės sukūrė novatoriškas technologijas, kurios gerina mūsų gyvenimą. Nuo robotikos iki medicinos – biologijos įkvėptos inovacijos ir toliau plečia galimybių ribas.

Tobulėjant technologijoms, auga ir mūsų gebėjimas atkartoti bei pritaikyti gamtos sukurtus dizainus. Tačiau tiesioginis mėgdžiojimas ne visada yra veiksmingiausias būdas. Pavyzdžiui, nors paukščiai įkvėpė žmones skraidyti, šiuolaikiniai lėktuvai nemosuoja sparnais, o pasitelkia aerodinamiką ir inžinerijos principus, kad galėtų įveikti didesnius atstumus ir gabenti sunkesnius





krovinius. Panašiai ratinis lokomotyvas sukėlė revoliuciją transporte, tačiau jam kyla iššūkių naviguojant sudėtingose vietovėse, kur geresnius sprendimus gali pasiūlyti gyvūnų įkvėpti kojiniai robotai.

Šiandien inžinieriai ir mokslininkai kuria biologijos įkvėptus robotus, kurie imituoja gekonų, aštuonkojų ir laumžirgių prisitaikymą – robotus, kurie prisitvirtina prie sienų, keičia formą ir efektyviai apdoroja 3D aplinką realiuoju laiku. Šios inovacijos turi potencialo įvairiuose taikymuose – nuo kosmoso tyrinėjimų iki medicinos pažangos.

Integravus papildytąją realybę (AR), dabar galime vizualizuoti, sąveikauti ir suprasti šias biologijos įkvėptas technologijas įtraukiau. AR leidžia studentams tyrinėti bioninių galūnių 3D modelius, analizuoti biologijos įkvėptų robotų judėjimą ir stebėti efektyviausių gamtos konstrukcijų mechaniką – taip įkvėpiant biomimikrą kaip niekad anksčiau (Zhang ir kt., 2024).

Nors daugelis biologijos aspektų vis dar lieka nesuprantami, biomimetikos sritis toliau vystosi, mažindama atotrūkį tarp natūralaus intelekto ir žmogaus inovacijų [Bar-Cohen ir Breazeal, 2003]. Per šią papildytosios realybės (AR) mokymosi patirtį mokiniai tiesiogiai susipažins su biomimikrija, giliau suprasdami biologijos, inžinerijos ir technologijų susiliejamą formuojant ateitį.

Tyrinėjimas

Gamtos įgūdžiai: Bioįkvėpimas moksle ir technologijose

Terminą „biomimetika“ sugalvojo Otto H. Schmittas (Schmitt, 1969 m.) ir tai reiškia gamtos metodų, mechanizmų ir procesų tyrimą bei mėgdžiojimą. Gamtos galimybės dažnai pranoksta žmonių technologijas, įkvėpdamos efektyvesniems, tvaresniems ir prisitaikantiems sprendimams (Bar-Cohen, 2005; Vincent, 2001). Gyvi organizmai funkcionuoja ne kaip tikslūs brėžiniai, o kaip prisitaikančios sistemos, gebančios laikui bėgant atsinaujinti, evoliucionuoti ir optimizuotis. Skirtingai nuo žmonių sukurtų produktų, kuriems reikalingas tikslus dubliavimas, biologinės struktūros išlaiko efektyvumą ir funkcionalumą, kartu išlaikydamos unikalius individualius rūšies skirtumus. Šis įgimtas prisitaikymas suteikia vertingą pagrindą technologinei pažangai.

Vienas ryškiausių biologinių sistemų aspektų yra jų ląstelėmis paremta architektūra, kuri įgalina atsparumą gedimams, savęs taisymą ir augimą. Jei galėtume sukurti biomimetines struktūras, sudarytas iš save regeneruojančių medžiagų, galėtume sukurti adaptyvius, atsparius įrenginius – požiūrį, kuris tradiciškai atrodė kaip mokslinė fantastika, tačiau dabar, naudojant besiformuojančias technologijas, tampa vis labiau įgyvendinamas.

Evoliucijos metu gamta eksperimentavo su daugybe sprendimų aplinkosaugos iššūkiams, išstbulindama sėkmingiausius. Šis natūralus bandymų ir klaidų procesas davė rezultatų fizikos, chemijos, mechanikos, medžiagų mokslo, mobilumo, valdymo sistemų ir sensorinės adaptacijos srityse. Gamtos mastelio keitimo principai – nuo nano ir mikro iki makro ir mega struktūrų –





demonstruoja efektyvumą visais lygmenimis . Genetinis kodavimas ir savęs replikacijos mechanizmai leido biologiniams organizmams išsaugoti ir perduoti savo evoliucinę pažangą (Bar-Cohen, 2006).

Biologinės medžiagos dažnai pranoksta žmogaus sukurtas medžiagas stiprumu, lankstumu ir efektyvumu. Pavyzdžiui, šilkas, oda ir vilna (Carlson ir kt., 2005) pasižymi savybėmis, pranašesnėmis už daugelį sintetinių alternatyvų . Bičių natūraliai sukurta korio struktūra yra gamtos inžinerijos genialumo pavyzdys : ji lengva, tačiau neįtikėtinai tvirta , įkvepianti aviacijos ir kosmoso, architektūros ir medžiagų mokslo taikymams . Nors šie pavyzdžiai pabrėžia biologinį efektyvumą, išlieka iššūkis, kaip efektyviai pritaikyti šiuos dizainus žmogaus sukurtose technologijose (Gordon, 1976).

Papildytosios realybės (AR) integracija: biologiškai įkvėpto mokymosi gerinimas

Papildytosios realybės (AR) integravimas suteikia transformuojantį požiūrį į biologinio efektyvumo ir prisitaikymo supratimą . Naudodami interaktyvius AR modeliavimus , studentai ir tyrėjai gali:

- Vizualizuokite ir manipuliukite biologinių struktūrų, tokių kaip korio karkasai, voro šilko pluoštai ir kaulą primenantys karkasai, 3D modeliais , kad būtų galima atlikti lyginamąją analizę su sintetinėmis medžiagomis .
- Sąveikaukite su savaime atsistatančiomis ir adaptyviomis medžiagomis papildytoje realybėje , kad ištirtumėte, kaip ląstelių lygmens procesai galėtų būti pritaikyti biomimetinėje inžinerijoje .
- Eksperimentuokite su evoliuciniais procesais naudodami papildytosios realybės (AR) pagrįstas simuliacijas , kurios demonstruoja gamtos problemų sprendimo strategijas skirtingais laiko tarpais.
- Uždenkite skaitmenines anotacijas realaus pasaulio objektais , realaus laiko eksperimentuose palygindami biologinius modelius su žmogaus sukurtomis struktūromis .
- Naudoti dirbtiniu intelektu patobulintas papildytosios realybės (AR) programas adaptyvioms medžiagų savybėms imituoti , parodant, kaip biomimetiniai principai gali pagerinti konstrukcijų projektavimą architektūroje , robotikoje ir aviacijos bei kosmoso pramonėje (Bacca ir kt., 2014, Billingham ir kt., 2015).

Derindami bioįkvėpimą su papildyta realybe , studentai gali peržengti pasyvaus mokymosi ribas ir aktyviai įsitraukti į dinamiškus, interaktyvius modelius , panaikindami atotrūkį tarp gamtos intelekto ir žmogaus inovacijų . Šis praktinis skaitmeninis požiūris gerina STEM ugdymą ir skatina kūrybišką problemų sprendimą , skatindamas kitą inžinierių ir mokslininkų kartą panaudoti gamtos strategijas technologinei pažangai .

Biologija kaip modelis: gamtos ir technologijų jungtis per papildytosios realybės integraciją

Gamta sukūrė milžinišką inovacijų rinkinį , kuris sėkmingai atlaikė praktiškumo ir patvarumo išbandymus nuolat kintančioje aplinkoje. Šie sprendimai, išstobulinti per milijonus evoliucijos metų , yra neįkainojamas įkvėpimo šaltinis technologinei pažangai . Norint visapusiškai išnaudoti





gamtos potencialą, labai svarbu užmegzti tvirtą tarpdisciplininį bendradarbiavimą tarp biologų ir inžinierių. Toks tarpdisciplininis požiūris palengvina biologinių galimybių transformavimą į praktinius techninius sprendimus, atverdamas kelią biologijos įkvėptiems įrankiams, mechanizmams ir sistemoms (Bar-Cohen, 2006).

Norint analizuoti gamtą technologiniu požiūriu, biologines funkcijas reikia suskirstyti į technologines sritis. Žemiau esančioje lentelėje pateikti biologinių sistemų ir jų technologinių analogų pavyzdžiai.

Biologija	Technologijos	Bioinžinerija, biomimetika, bionika ir biomechanika
Kūnas	Sistema	Kuriamos sistemos su daigiafunkcinėmis medžiagomis ir struktūromis, kurios imituoja biologinių sistemų galimybes.
Skeletas ir kaulai Smegenys	Konstrukcija ir atramos Kompiuteris	Atraminės konstrukcijos yra kiekvienos žmogaus sukurtos sistemos dalis Pažanga kuriant kompiuterius, imituojančius žmogaus smegenų veiklą
Slaptoji tarnyba	Dirbtinis intelektas	Yra daug dirbtinio intelekto aspektų, įkvėptų biologijos, įskaitant papildytąją realybę, autonomines sistemas, kompiuterinį intelektą, ekspertų sistemas, neapibrėžtąją logiką ir kt.
Pojūčiai	Jutikliai	Kompiuterinė regos sistema, dirbtinė regos sistema, radarai ir kiti artumo jutikliai turi tiesioginių biologinių analogijų. Tačiau žmogaus sukurtų jutiklių galimybės toli gražu neprilygsta biosensorių galimybėms.
Raumenys Elektrocheminis Elektros energijos gamyba	Pavaros Įkraunamos baterijos	Elektroaktyvūs polimerai yra pavaros, funkciniu požiūriu panašios į natūralius raumenis. Biologinių medžiagų naudojimas energijai generuoti suteiks milžiniškų pranašumų mechaninėms sistemoms.

1 lentelė. Biologijos ir techninių sistemų charakteristikos, šaltinis: Bar-Cohen, 2006

Papildyta realybė biologinių ir technologinių analogijų supratimui

Tradiciniai mokymosi metodai dažnai sunkiai padeda efektyviai iliustruoti sudėtingus biologijos ir inžinerijos ryšius. Papildytoji realybė (AR) užpildo šią spragą leisdama besimokantiejiems:

- Uždėti interaktyvius 3D modelius ant realaus pasaulio objektų, taip lyginant biologines ir sintetines struktūras realiuoju laiku.
- biologinio intelekto įkvėptus dirbtinio intelekto mokymosi modelius, padedant studentams vizualizuoti neuroninius tinklus ir kognityvines funkcijas (Billinghurst ir kt., 2015).
- Naudokite papildytosios realybės (AR) technologija patobulintus skrodimo įrankius, kad ištirtumėte biologinius jutimo mechanizmus ir jų sukonstruotus atitikmenis, tokius kaip gekonų įkvėpti klijai ir biologiškai įkvėpti regos jutikliai.





Biomimetinis įkvėpimas robotikai ir dirbtiniam intelektui per papildytąją realybę

Daugelis gamtos gebėjimų yra pavyzdžiai pažangiai robotikai, medžiagų mokslui ir kompiuterijai . Pavyzdžiui:

- Genio smūgius sugerianti kaukolė įkvėpė apsauginių priemonių ir slopinimo sistemų sukūrimą .
- Gekono van der Valso jėgos sukibimas sukūrė sausus klijus ir laipiojimo robotus .
- Biologiškai įkvėptas judėjimas pagerino ore, po vandeniu ir reljefu judančių robotų judumą .
- Gamtos energiją taupančios judėjimo strategijos , tokios kaip chameleono prisitaikantis kūno formos keitimas ar aštuonkojo minkštųjų audinių lankstumas , daro įtaką formą keičiančioms robotinėms struktūroms (Bar-Cohen, 2006).

AR integracija biomimetinėje robotikoje ir dirbtiniame intelekto

Naudodami papildytąją realybę , studentai ir tyrėjai gali:

- Išbandykite biomimetinius judėjimo principus papildytosios realybės (AR) pagrindu sukurtose simuliacijose, vizualizuodami, kaip gekonus primenantys robotai, minkštakūniai aštuonkojai ar laumžirgių įkvėpti dronai juda ir prisitaiko prie skirtingos aplinkos.
- Naudokite papildytosios realybės (AR) pagrindu sukurtas biomechanikos demonstracijas , kad išanalizuotumėte, kaip dirbtinio intelekto valdomos robotinės galūnės imituoja biologines raumenų struktūras .
- Apmokyti dirbtiniu intelektu pagrįstas papildytosios realybės (AR) programas reaguoti į realaus pasaulio dirgiklius, atkartojant biologinius sprendimų priėmimo procesus robotinėse sistemose (Dünser ir kt., 2012).

Biologiškai įkvėpti miniatiūriniai įrenginiai: AR ateities technologijų kūrimui

Vienas didžiausių biomimikrijos iššūkių yra sukurti miniatiūrinius biologiškai įkvėptus prietaisus, galinčius:

Skraido itin vikriai , kaip laumžirgis;

Įsikimba į lygias ir šiurkščias sienas , kaip gekonas;

Prisitaiko prie aplinkos struktūrų , kaip chameleonas;

Apdoroja sudėtingus 3D vaizdus realiuoju laiku , panašiai kaip žmogaus regėjimas;

Perdirba mobilumo energiją , didindamas energijos vartojimo efektyvumą;

Savaime dauginasi ir auga naudodamas aplinkos išteklius;

Generuoja ir kaupia cheminę energiją , atkartoja biologinius procesus.





AR pagrįstas biologiškai įkvėptų miniatiūrinių prietaisų projektavimas ir testavimas

- AR prototipų kūrimas leidžia realiuoju laiku sąveikauti su biologiškai įkvėptų robotų skaitmeniniais modeliais, padedant inžinieriams tobulinti dizainą prieš jį pagaunant iš fizinių gamybą.
- AR pagrindu atliekamas jutiklių testavimas leidžia studentams virtualiai analizuoti, kaip biologiniai jutikliai, tokie kaip ūsai ar sonaras, galėtų pagerinti robotų suvokimą (Bacca ir kt., 2014).
- Virtualios realybės biolaboratorijos, naudojantys papildytąją realybę (AR), leidžia studentams imituoti bioįkvėptus energijos kaupimo sprendimus, tokius kaip fotosintezės pagrindu veikiančios baterijos arba biologiškai efektyvios energijos sistemos.

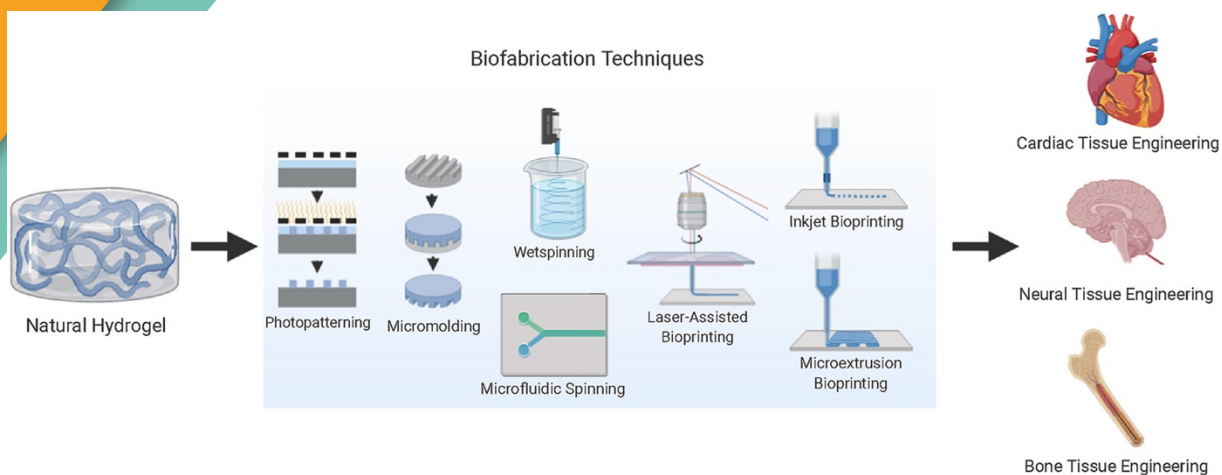
Biologinės medžiagos žmogaus organizmui

Gamta teikia platų medžiagų, atliekančių įvairias funkcijas, asortimentą, tapdama vertingu įkvėpimo šaltiniu medžiagų mokslininkams ir inžinieriams. Biologinės medžiagos sudaro visų gyvų organizmų struktūrinį pagrindą, leidžiantį ląstelėms funkcionuoti, akims apdoroti šviesą, augalams stovėti tiesiai, o gyvūnams efektyviai judėti. Šios natūralios medžiagos įkvėpė žmones kurti sintetines alternatyvas, kurios pagerina kasdienį funkcionalumą ir technologinę pažangą.

Nuo architektūros iki aviacijos ir kosmoso inžinerijos, biologiškai įkvėptos konstrukcijos pakeitė projektavimo procesus. Pavyzdžiai: lengvi, bet tvirti korio raštai, savaime atsistatančios medžiagos ir biologiškai skaidūs kompozitai (Kemp, 2004; Nachtigall, 1998; Jeronimidis ir Atkins, 1995). Nepaisant to, kad natūralios medžiagos sudarytos iš riboto organinių komponentų skaičiaus, jos pasižymi puikiomis savybėmis, tokiomis kaip lankstumas, ilgaamžiškumas ir prisitaikymas.

Priešingai, žmogaus sukurtos medžiagos istoriškai rėmėsi platesniu cheminių elementų spektru, todėl buvo sukurti lydiniai, polimerai ir kompozitai. Tačiau daugumai pramoninių medžiagų reikalingas aukštos temperatūros apdorojimas – apribojimas, kurio nėra biologinėms medžiagoms. Vietoj to, gamta efektyviai konstruoja sudėtingas medžiagas aplinkos sąlygomis, naudodama hierarchinę struktūrą ir genetinį programavimą (Lakes, 1993; Tirrell, 1994; Currey, 2005).





2 pav.: Biogamybos metodai, šaltinis: Elkhoury.K ir all, 2021

Papildytoji realybė (AR) biologiškai įkvėptame medžiagų moksle

biologinių medžiagų struktūrų sudėtingumo dažnai sunku jas tirti tradiciniais metodais. Papildytoji realybė (AR) suteikia transformuojantį požiūrį į biologinių medžiagų vizualizavimą, analizę ir eksperimentavimą su jomis:

Kuriami interaktyvūs biologinių struktūrų, tokių kaip vorų šilko pluoštai, korio struktūros ir minkštųjų audinių karkasai, 3D modeliai.

Įgalinant medžiagų modeliavimą realiuoju laiku, vartotojai gali keisti tokius parametrus kaip stiprumas, elastingumas ir biologinis skaidomumas, kad ištirtų jų poveikį.

AR sustiprinta mikroskopija padeda studentams tyrinėti nano ir mikro masto biologines struktūras (Bacca ir kt., 2014).

AR pagrįstų medžiagų bandymų programų, skirtų biologiškai įkvėptų medžiagų mechaniniam įtempiui, ilgaamžiškumui ir savaiminio gijimo savybėms imituoti, kūrimas (Billingham ir kt., 2015).

Kūnas yra cheminė laboratorija, kuri apdoroja natūralias chemines medžiagas ir paverčia jas energija, statybinėmis medžiagomis, atliekomis ir įvairiomis daugiafunkcinėmis struktūromis (Mann 1995). Žmonės natūralias medžiagas atpažįsta kaip maisto, drabužių, komforto ir kt. šaltinius, įskaitant, be kita ko, kailį, odą, medų, vašką, pieną ir šilką (Carlson ir kt., 2005). Nors kai kurie gyviai ir vabzdžiai, gaminantys medžiagas, yra gana maži, masinėje gamyboje jie gali pagaminti pakankamai žmonių vartojimui (pvz., medų, šilką ir vilną). Natūralių medžiagų naudojimas siekia tūkstančius metų. Šilkas, gaminamas siekiant apsaugoti šilkaverpio kandžio kokoną, pasižymi puikiomis savybėmis, tokiomis kaip grožis, tvirtumas ir ilgaamžiškumas. Šiuos privalumus pripažino žmonės, o poreikis gaminti juos bet koku norimu kiekiu lėmė žmogaus sukurtų versijų ir imitacijų gamybą. Įspūdingos natūralių medžiagų galimybės apima savęs gijimą, savęs replikaciją, pertvarkymą, cheminę pusiausvyrą ir daugiafunkcionalumą. Daugelis žmogaus sukurtų medžiagų yra apdorojamos kaitinant ir esant slėgiui, priešingai nei gamta, kuri visada veikia esant aplinkos sąlygoms.



Biologiškai pagamintų medžiagų gamyba sukuria minimalią atliekų ir taršos koncentraciją, todėl jos daugiausia yra biologiškai skaidžios ir natūraliai perdirbamos. Išmokę apdoroti tokias medžiagas, galime padidinti savo medžiagų pasirinkimą ir pagerinti savo gebėjimą gaminti perdirbamos medžiagas, kurios geriau apsaugotų aplinką (Bar-Cohen, 2006).

Bioįkvėpimas tiesiogiai veda į mokslo sritį, kurios svarba ir susidomėjimas šiuo metu auga: minkštosios medžiagos mokslą, o ypač medžiagų mokslą (Hamley IW, 2013). Medžiagų mokslas vystėsi remiantis „kietomis“ struktūromis (patvariomis, fiksuotos formos ir funkcijos, atspariomis pažeidimams). Dauguma biologinių sistemų (net ir kaulai tam tikru mastu) yra „minkštos“, t. y. elastingos ir lengvai deformuojamos. Šio tipo medžiaga yra daug mažiau ištirta nei „kieta“ medžiaga, todėl suteikia galimybių atradimams ir išradimams, kurie yra santykinai neištirti (moksle) ir tuo pačiu metu yra nepriklausomi nuo biologijos ir jai svarbūs. Supratimas, kaip organizmai naudoja minkštąją medžiagą, tokią kaip raumenys, sausgyslės, jungiamieji audiniai, membranos ir nervai, siūlo didžiulį idėjų spektrą naujam minkštajam mokslui (Whitesides, 2015).

Štai keletas biologinių medžiagų ir jų specifikacijų pavyzdžių:

- **Stiprūs voratinklio pluoštai**

Voras yra vienas geriausių biologijos „gamybos inžinierių“ ir pasižymi neįtikėtinai efektyviu medžiagų gamybos gebėjimu. Jis gamina savo tinklą iš tvirto, netirpaus, lengvo ištisinio pluošto, atsparaus lietaui, vėjui ir saulės šviesai. Jį sudaro nuostabūs pluoštai, kurie vos matomi, kad galėtų atlikti vabzdžių gaudyklės funkciją. Voras turi pakankamai žaliavų savo šilkui, kad galėtų ištempti tinklą dideliais atstumais aplink savo kūną. Įvairių formų (įskaitant plokščius) voratinkliai dažnai matomi jausti tarp tolimų medžių, o tinklas yra stebėtinai didelis, palyginti su voro dydžiu. Naujausi nanotechnologijų pasiekimai žada gaminti smulkius, ištisinius pluoštus, pasižyminčius didžiuliu stiprumu. Šiuo tikslu buvo sukurtas elektro verpimo procesas (Dzenis 2004), leidžiantis gaminti 2 μm skersmens pluoštus iš polimerų tirpalų arba lydalų stipriuose elektriniuose laukuose. Gauti nanopluoštai pasirodė esą gana vienodi ir nereikalavo kruopštaus valymo.

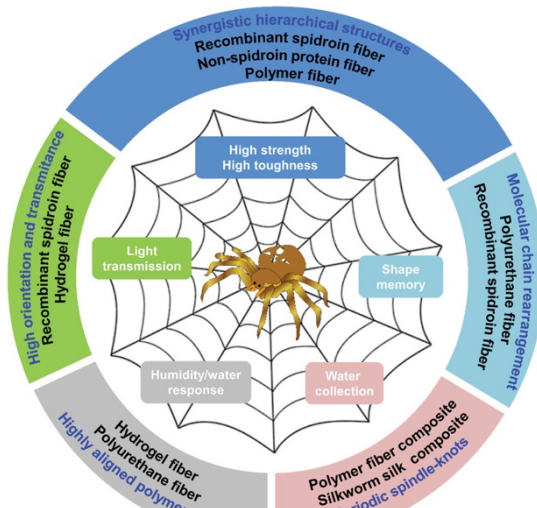


Figure 3: Spider's web, source: Jiatian & all, 2021



AR taikymas vorų šilko tyrimuose

Voro šilko struktūrų 3D AR modeliavimas gali parodyti molekulinės sąveikas, atsakingas už jų stiprumą ir lankstumą. AR pagrįsti tempimo bandymų modeliavimai leidžia studentams eksperimentuoti su skirtingomis biopolimerų modifikacijomis, siekiant pagerinti dirbtinio šilko gamybą.

- **Medunešė bitė yra kelių medžiagų gamintoja**

Bitė iš surinkto nektaro gamina medų ir sudaro vaško korį. Anksčiau žvakės buvo gaminamos iš bičių vaško, tačiau atsiradus naftos pramonei, dabar žvakės dažniausiai gaminamos iš žibalo vaško (Bar-Cohen, 2006).

AR taikymas korio inžinerijoje

Virtualūs papildytosios realybės (AR) testavimo įrankiai leidžia studentams keisti korio ląstelių matmenis ir stebėti laikomosios galios pokyčius realiuoju laiku. Lyginamasis AR modeliavimas gali padengti natūralias korio struktūras su inžinerinėmis grotelių medžiagomis, atliekant greta esančią efektyvumo analizę (Dünser ir kt., 2012).

- **Daugiafunkcinės medžiagos**

Naudojant medžiagas, kurios atlieka kelias funkcijas, gamta gali sumažinti savo gyvų būtybių kūno svorį. Daugelis tyrėjų ir inžinierių tyrinėja daugiafunkcinių medžiagų ir struktūrų koncepcijas (Nemat-Nasser ir kt., 2005). Dedama vis daugiau pastangų atkartoti šią savybę įvairiose disciplinose, tokiose kaip medžiagų mokslas, taikomoji mechanika, elektronika, fotonika ir gamyba.

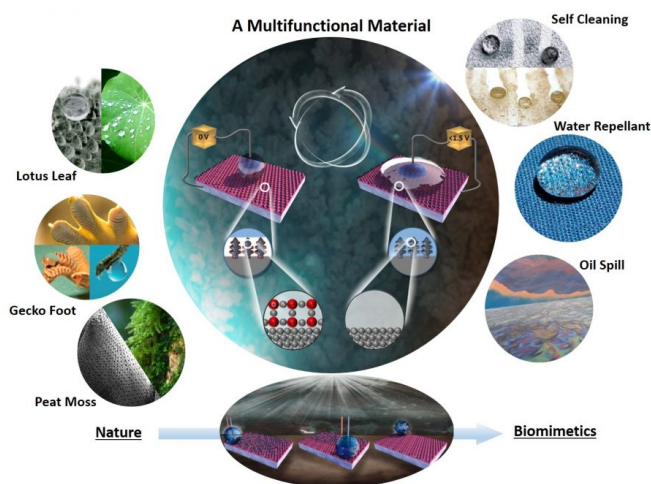


Figure 4: Multifunctional material Source: Zahiri &all, 2017





Minkštos biologinės medžiagos, tokios kaip raumenys, jungiamieji audiniai ir ląstelių membranos, suteikia įkvėpimo bioinžinerijos pagrindui sukurti minkštiesiems robotams ir reaguojančioms medžiagoms. Nors tradicinis medžiagų mokslas daugiausia dėmesio skyrė standžioms struktūroms, besiformuojanti minkštųjų medžiagų mokslo sritis leidžia kurti labai prisitaikančias, elastingas ir daugiav funkcines medžiagas (Hamley, 2013).

AR minkštųjų medžiagų tyrimams

AR patobulintas biomedžiagų dizainas leidžia studentams vizualizuoti ir sąveikauti su deformuojamomis, minkštomis medžiagomis, imituojant jų mechaninį ir cheminį elgesį. Biologiškai įkvėpti robotų bandymai AR aplinkoje gali modeliuoti aštuonkojo tipo lanksčias struktūras, kurios keičia formą reaguodamos į aplinkos dirgiklius.

Daugiav funkcinės ir tvarios biomedžiagos

Viena iš įspūdingiausių gamtos savybių yra jos gebėjimas kurti daugiav funkcines medžiagas, kurios subalansuoja našumą, energijos vartojimo efektyvumą ir tvarumą. Šiuolaikinis medžiagų mokslas dabar integruoja biologiškai įkvėptą daugiav funkciskumą inžinerijos, sveikatos priežiūros ir nanotechnologijų taikymuose (Nemat-Nasser ir kt., 2005).

AR tvarioms biomedžiagų inovacijoms

AR paremti ekologiškų medžiagų parinkimo įrankiai leidžia vartotojams palyginti biologinių ir sintetinių medžiagų poveikį aplinkai. Virtualūs AR skaidymo modeliavimo įrankiai gali parodyti, kaip biologiškai skaidžios medžiagos skaidosi skirtingomis aplinkos sąlygomis.

Biologiškai įkvėptų medžiagų tyrimai gerokai pažengė į priekį inžinerijos, medicinos ir tvarumo srityse. Tačiau tradiciniai medžiagų analizės metodai dažnai sunkiai perteikia visą biologinių struktūrų sudėtingumą, todėl tyrėjams ir studentams jų prieinamumas yra ribotas. Papildytoji realybė (AR) tampa revoliucine priemone, kuri užpildo šią spragą, suteikdama galimybę interaktyviai tyrinėti, virtualiai eksperimentuoti ir skaitmeniniu būdu modeliuoti biologiškai įkvėptas medžiagas.

Naujausi tyrimai pabrėžia papildytosios realybės (AR) transformacinį vaidmenį biologijos ir medžiagų mokslo ugdyme. Sistemine AR biologijos ugdyme apžvalga parodė, kaip interaktyvi mokymosi aplinka gerina mokinių supratimą apie sudėtingas biologines struktūras ir biomimetines medžiagas. Panašiai, 2024 m. atliktame biologiškai įkvėptų AR modelių tyrime buvo sukurtas C. elegans skaitmeninis dvynys, leidžiantis vartotojams vizualizuoti ir manipuliuoti neuronų ir raumenų aktyvumu, iliustruojant, kaip AR gali palengvinti biologinius eksperimentus realiuoju laiku (BioRxiv, 2024).

Be to, papildytosios realybės (AR) pagrindui sukurtų taikomųjų programų kūrimas biomedicinos moksle suteikė interaktyvių įrankių mokymuisi apie biomedžiagas, nanotechnologijas ir audinių





inžineriją . Šios taikomosios programos skatina įsitraukimą ir supratimą , parodydamos AR potencialą imituoti realaus pasaulio biomimetinius procesus (PMC, 2023).

Būsiami mokslininkai ir inžinieriai įgis gilesnį supratimą apie biologiškai įkvėptas medžiagas, naudodamiesi papildytosios realybės (AR) technologija paremtu biomedžiagų švietimu, o tai padės kurti efektyvesnes, tvaresnes ir našesnes inovacijas . Suteikdama galimybę realiuoju laiku sąveikauti su biomimetinėmis struktūromis , AR skatina naują skaitmeninio mokymosi erą , galiausiai pagerindama mokslinius atradimus ir taikymą įvairiose srityse.

Biosensoriai ir jų taikymas: naujas matmuo su papildyta realybe (AR)

Biosensorių supratimas ir jų vaidmuo šiuolaikinėse technologijose

Biologinės sensorinės sistemos yra itin jautrios, veikiančios molekulinio ir kvantiniu lygmenimis, kad aptiktų aplinkos pokyčius. Šie labai išvystyti mechanizmai yra šiuolaikinių biosensorių, kurie imituoja biologinius procesus, kad stebėtų, analizuotų ir reaguotų į išorinius dirgiklius, pagrindas. Biosensoriai sukėlė revoliuciją įvairiose pramonės šakose – nuo sveikatos priežiūros ir aplinkos stebėsenos iki saugumo ir maisto saugos. Mūsų kasdieniame gyvenime biologinių principų įkvėpti jutikliai yra visur – jie reguliuoja temperatūrą pastatuose, seka judėjimą apsaugos sistemose, valdo bekontaktinius dozatorius ir stebi gyvybiškai svarbius sveikatos parametrus. Šie pasiekimai lėmė nuolatinį jautrumo, efektyvumo ir miniatiūrizacijos tobulinimą, todėl biosensoriai gali aptikti net mažiausius molekulinis pokyčius savo aplinkoje.

Tačiau, nors biosensoriai ir toliau tobulėja, tradicinėms švietimo ir tyrimų metodologijoms dažnai sunku veiksmingai parodyti jų sudėtingumą. Papildytosios realybės (AR) integravimas į biosensorių technologiją siūlo novatorišką požiūrį, leidžiantį interaktyviai vizualizuoti ir imituoti, gerinant tiek mokymąsi, tiek praktinį pritaikymą (Venkatesen ir kt., 2021).

Papildytoji realybė (AR) kaip biosensorių technologijos tyrinėjimo įrankis

Dėl abstraktaus biosensorių mechanizmų pobūdžio juos sunku tirti naudojant statines 2D diagramas ar tradicines paskaitas. Papildytoji realybė (AR) sprendžia šį iššūkį, teikdama įtraukiantį, interaktyvų ir realaus laiko biosensorių funkcijų vizualizavimą.

Pavyzdžiui, naudodamiesi papildyta realybe (AR), vartotojai gali:





- Tyrinėkite biosensorių 3D holografinius modelius, leisdami jiems sąveikauti su jutiklių struktūromis molekulinio lygmeniu, pavyzdžiui, baltymų ir ligandų sąveiką bioelektronikos įrenginiuose.
- Imituoti biosensorių aptikimo procesą, kai vartotojai gali įvesti skirtingas medžiagas ir stebėti realaus laiko virtualias reakcijas į cheminius ir biologinius dirgiklius.
- Uždenkite AR pagrįstas realaus pasaulio diagnostikas, padėdamos medicinos specialistams matyti, kaip biosensoriai analizuoja gliukozės kiekį, aptinka infekcijas arba stebi širdies ir kraujagyslių sveikatą.

Šis interaktyvus metodas pagerina conceptualų supratimą ir sustiprina gebėjimą diegti naujoves bei taikyti biosensorių technologijas realiomis sąlygomis.

Bioelektroniniai jutikliai: AR pagrįstos diagnostikos pažanga

Pastaruoju metu biosensoriai išsivystė į elektroninius prietaisus, imituojančius žmogaus jutimo sistemas. Kai kurie žymiausi pavyzdžiai yra elektroninės nosys ir liežuviai, kurie buvo sėkmingai pritaikyti pramonės ir biomedicinos reikmėms.

- Elektroninės nosys (E-nosys) atkartoja žmogaus uoslės receptorius, leisdamos jiems aptikti ir klasifikuoti kvapus, dujas ir lakiuosius junginius. Šie biosensoriai naudojami oro kokybės stebėjimui, maisto saugos užtikrinimui ir ligų diagnostikai.
- Elektroniniai liežuviai (E-liežuviai) veikia panašiai, analizuodami skysčių cheminę sudėtį, todėl jie naudingi vaistų testavimui, aplinkos stebėsenai ir gėrimų kokybės kontrolei.

AR vaidmuo gerinant bioelektroninių jutiklių tyrimus

Naudodami papildytąją realybę, tyrėjai ir studentai gali imituoti elektroninių nosių ir liežuvių cheminės analizės procesą, taip suteikdami jiems galimybę:

- Vizualizuokite molekulinę sąveiką tarp biosensorių ir cheminių junginių, padėdami vartotojams suprasti, kaip jutikliai skiria įvairias medžiagas.
- Išbandykite interaktyvias papildytosios realybės (AR) aplinkas, kuriose realaus laiko duomenų perdangos rodo, kaip biosensoriai analizuoja oro mėginius, ieškodami teršalų, arba aptinka maisto produktų gedimą.

Ši praktinė patirtis skatina gilesnį biosensorių galimybių supratimą, leidžia studentams ir tyrėjams kurti naujas bioelektronikos technologijų programas.

5.4 Išmanieji polimerai biomedicinos inžinerijoje: papildytoji realybė medžiagų modeliavimui

Polimerinės biomedžiagos tapo būtinos medicininiuose implantuose, regeneracinėje medicinoje ir vaistų tiekime. Pažangūs polimerai, tokie kaip citrato pagrindu pagamintos biomedžiagos, yra sukurti taip, kad natūraliai biologiškai suirtų organizme, todėl jie idealiai tinka tokioms reikmėms kaip laikini implantai ir žaizdų gijimas (Tang ir kt., 2015).

- **AR taikymas išmaniųjų polimerų tyrimuose**





AR technologija buvo panaudota sudėtingų molekulinų struktūrų vizualizavimui ir manipuliavimui pagerinti, o tai yra labai svarbu polimerų tyrimuose. Žurnale „Cheminė informacija ir modeliavimas“ paskelbtame tyrime aptariama, kaip AR leidžia vartotojams pavaizduoti ir sąveikauti su trimatėmis (3D) cheminėmis struktūromis, taip palengvinant gilesnį molekulių konfigūracijų ir elgesio supratimą. Ši galimybė leidžia mokslininkams koreguoti tokias savybes kaip elastingumas, degradacijos greitis ir bioaktyvumas realaus laiko virtualiuose eksperimentuose, taip paspartinant medžiagų kūrimą ir sumažinant priklausomybę nuo tradicinių laboratorinių metodų (Fombona -Pascual ir kt., 2022).

Be to, žurnale „Journal of Chemical Education“ paskelbtame tyrime pristatomas darbo eiga, skirta polimerų 3D modelių kūrimui naudojant molekulinę dinamiką ir „Blender“ programinę įrangą. Šie modeliai gali būti talpinami tokiose platformose kaip p3d.in, kur jie pasiekiami kaip papildytosios realybės (AR) atvaizdavimai. Tokios priemonės leidžia tyrėjams sujungti AR valdomus polimerų integracijos modelius, taip sudarydamos sąlygas išbandyti biomedžiagų sąveiką su gyvais audiniais prieš implantavimą (Roshandel ir kt., 2023).

AR bioninių protezų kūrime ir mokyme

AR parodė didelį potencialą kuriant ir mokant naudoti bioninius protezus. „ResearchGate“ paskelbtame tyrime pristatoma ARM Trainer – AR pagrindu sukurta sistema, skirta amputuotųjų mokymui naudotis mioelektriniais protezais. Ši sistema suteikia natūralų ir intuityvų būdą vartotojams lavinti raumenų kontrolę, siūlydama realaus laiko haptinį grįžtamąjį ryšį ir įtraukiančias simuliacijas. Tokia mokymo aplinka padeda vartotojams prisitaikyti prie sukibimo jėgos, miklumo ir reakcijos laiko, pagerindama prisitaikymo greitį ir vartotojo patirtį.

Be to, IEEE Xplore skaitmeninėje bibliotekoje paskelbtame tyrime aptariamas papildytosios realybės (AR) įrankio, skirto chemijos mokymui paremti, kūrimas, kuris, nors ir orientuotas į chemijos ugdymą, pabrėžia platesnį AR taikymą gerinant sudėtingų struktūrų ir sistemų supratimą. Šis įrankis leidžia vizualizuoti molekulinę struktūrą 3D formatu, suteikdamas interaktyvią mokymosi patirtį, kurią galima pritaikyti protezavimo mokymui, imituojant protezų komponentų sąveiką molekulinio lygmeniu (Maier ir Klinker , 2013). Šie tyrimai kartu įrodo papildytosios realybės (AR) veiksmingumą teikiant interaktyvias, realaus laiko ir įtraukias patirtis, kurios pagerina tiek puikius polimerų tyrimus, tiek bioninių protezų mokymą.





Taikymas. Biologiškai įkvėptos regėjimo technologijos su papildyta realybe (AR)

Panoptai ir bioninė akis: naujas mokymosi metodas naudojant papildytąją realybę

Regėjimas yra pagrindinis jutimo būdas daugeliui organizmų, o biologinės regos sistemos jau seniai įkvėpė inžinerines inovacijas. Supratimas, kaip regėjimas apdorojamas žinduolių nervų sistemoje, lėmė novatorišką bioninių akių technologijų ir robotinių regos sistemų pažangą.

Mūsų naujas metodas – papildytoji realybė (AR) – praturtina šią mokymosi patirtį, teikdamas interaktyvias, 3D biologinių ir dirbtinių regos sistemų vizualizacijas. AR leidžia studentams analizuoti, kaip vaizdinė informacija yra fiksuojama, apdorojama ir interpretuojama natūraliose ir inžinerinėse sistemose, skatinant gilesnį, praktinį biologiškai įkvėpto dizaino supratimą (Venkatesen ir kt., 2021).

AR patobulinti eksperimentai vizualinio suvokimo srityje

Šioje veikloje mokiniai dalyvauja interaktyviame modelio eksperimente, kad nustatytų robotinės akies Panopto regėjimo lauko atsaką. Įkvėpta graikų mitologijos Argo Panopto – visa matančio milžino sargo su 100 akių – ši sistema yra biologiškai įkvėpta platforma robotinei regai ir tinklainės protezavimui tirti.

Naudodamiesi papildytosios realybės (AR) simuliacijomis, studentai gali:

- Sąveikaukite su žmogaus regos sistemos 3D modeliais, atsekite, kaip šviesa yra fiksuojama, perduodama ir interpretuojama pirminėje regos žievėje.
- Imituokite akių ligas, tokias kaip pigmentinis retinitas ir geltonosios dėmės degeneracija, kad suprastumėte, kaip regėjimo sutrikimas veikia suvokimą.
- Užtepkite realaus laiko AR vizualizacijas ant „Panoptes“ sistemos, iliustruodami, kaip skirtingi optiniai dirgikliai veikia robotų ir biologinės regos apdorojimą.

Šios interaktyvios papildytosios realybės (AR) patirtys leidžia besimokantiejiems eksperimentuoti su vaizdiniais dirgikliais, keisti jutiklių konfigūracijas ir stebėti, kaip neuroniniai takai reaguoja į skirtingus šviesos modelius – imituojant realaus pasaulio neuromokslo tyrimus (Venkatesen ir kt., 2021).

Techninis ryšys: papildyta realybė (AR) tinklainės protezų ir regėjimo atkūrimo tyrimams

Gyvūnų regėjimas yra nuostabi natūrali sistema, tarnaujanti kaip modelis inžinieriams, kuriantiems tinklainės protezus – dirbtinius implantus, skirtus atkurti regėjimą asmenims, turintiems fotoreceptorių ląstelių pažeidimus. Šie biomedicininiai prietaisai tiesiogiai stimuliuoja





regos nervo ląsteles, apeidami nefunkcionuojančias tinklainės sritis, kad atkurtų regimąjį suvokimą.

Naudodamiesi papildytosios realybės (AR) pagrindu veikiančiais medicinos mokymo moduliais, studentai ir tyrėjai gali:

- Manipuliuoti tinklainės implantų AR modelius, siekiant ištirti jų struktūrinį dizainą ir funkcionalumą.
- bioninių regos sistemų, tokių kaip papildytosios realybės (AR) protezų sąsajos, pritaikymą realiame pasaulyje.
- Analizuokite optinio nervo signalo perdavimą per interaktyvius papildytosios realybės (AR) perdangas, vaizduodami, kaip vizualiniai duomenys paverčiami nerviniais impulsais.

Integruodami papildytąją realybę (AR) į bioninių akių tyrimus, studentai gali dalyvauti virtualiose testavimo aplinkose, atkartojančiose kliniškes sąlygas, ir taip pagerinti savo supratimą apie regėjimo atkūrimo technologijas (Anderson ir Bischof, 2014).

Mokymosi tikslai su AR integracija

Po šio AR technologija paremto pratimo studentai turėtų gebėti:

- Paaiškinkite regos taką ir jo vaidmenį apdorojant šviesos dirgiklius.
- Interpretuokite eksperimentinius duomenis naudodami interaktyvias AR histogramas ir vaizdinius grafikus.
- Išanalizuoti regos žievės erdvinį jautrumą, taikant jį robotinės regos lavinimui.
- Palyginkite žmogaus regėjimą su biologiškai įkvėptomis optinėmis sistemomis, naudodami papildytosios realybės (AR) pagrindu sukurtus modeliavimus.

Įvadas ir motyvacija: Vizualinio mokymosi gerinimas naudojant AR

Regėjimas vaidina dominuojantį vaidmenį žmogaus suvokime, darydamas įtaką tam, kaip mes interpretuojame aplinką ir su ja sąveikaujame. Biologinės regos ir kameromis pagrįstų optinių sistemų panašumai suteikia vertingų įžvalgų inžinieriams, kuriantiems biologiškai įkvėptus jutiklius.

Naudodami papildytąją realybę, studentai gali:

Palyginkite žmogaus akies ir fotoaparato objektyvo mechaniką realiuoju laiku, uždėdami optinius modelius ant realaus pasaulio objektų.

- Įsivaizduokite, kaip šviesa lūžta ir fokusuojama akyje, atsekant jos kelią nuo ragenos iki tinklainės.
- Sąveikaukite su imituojamu regėjimo lauku, reguliuodami ryškumą, kontrastą ir fokusavimą, kad imituotumėte įvairias apšvietimo sąlygas.

Integruodami interaktyvius skaitmeninius perdengimus, studentai gali patys patirti regos mokslą, tobulindami savo gebėjimą susieti biologinius principus su technologinėmis inovacijomis.





Eksperimentinė sąranka su AR palaikymu

„Panoptes“ robotinė regos sistema yra biologiškai įkvėptas optinis įrenginys, naudojamas dirbtinio matymo sistemų regėjimo laukui modeliuoti ir analizuoti. Eksperimento metu imituojama, kaip skirtingi šviesos šaltiniai sąveikauja su regos jutikliais, leiddami studentams nustatyti erdvinį jautrumą per kontroliuojamą regos dirgiklių seką.

Naujos AR pagrindu sukurtos eksperimentavimo funkcijos

- AR pagrindu sukurtas regėjimo lauko žemėlapių sudarymas: mokiniai gali skaitmeniniu būdu uždėti erdvinio jautrumo grafikus ant „Panoptes“ sistemos, kad pamatytų, kaip skirtingos šviesos orientacijos veikia suvokimą.
- Virtualios šviesos sekimo simuliacijos: papildytoji realybė teikia grįžtamąjį ryšį apie tai, kaip robotų akys prisitaiko prie apšvietimo ir kontrasto pokyčių.
- Neuroninių signalų apdorojimas AR: interaktyvūs AR modeliai demonstruoja, kaip tinklainės signalai perduodami į regos žievę, lyginant sveikų ir sutrikusios nervų sistemos regos kelius.

Šios patobulintos papildytosios realybės (AR) programos leidžia studentams realiuoju laiku keisti eksperimentines sąlygas, gerinant jų supratimą apie vaizdo apdorojimą, jutiklių optimizavimą ir duomenų analizę. (Venkatesen ir kt., 2021).

Procedūra su AR patobulinimais

Prieš veiklą

- Parengti žmogaus akies, robotinių regos sistemų ir neuroninių takų 3D AR vizualizacijas.
- Sukurti „Panoptes“ robotinio matymo modelius, užtikrinant suderinamumą su papildytosios realybės (AR) vizualinio žemėlapių sudarymo įrankiais.
- Suteikti mokiniams skaitmeninius darbalapius duomenų anotavimui ir analizei realiuoju laiku.

Su studentais (1 ir 2 dienos)

1 veiksmas: regėjimo mokslo tyrinėjimas naudojant papildytąją realybę

- Studentai naudoja papildytosios realybės (AR) įrankius, kad ištirtų, kaip šviesa praeina pro akį ir sąveikauja su fotoreceptorių ląstelėmis.
- Imituotos papildytosios realybės (AR) aplinkos iliustruoja, kaip regos sutrikimai veikia gylio suvokimą ir kontrasto jautrumą.

2 veiksmas: AR patobulinto regėjimo žemėlapių sudarymo eksperimentas

- Studentai atlieka juodosios dėžės eksperimentus su Panoptes, įrašydami, kaip skirtingos šviesos orientacijos stimuliuoja robotinius jutiklius.
- AR perdangos teikia realaus laiko vaizdinį grįžtamąjį ryšį, paryškindamos jutiklių aktyvavimo zonas ir duomenų išvestis.





3 veiksmas: duomenų analizė ir interpretavimas naudojant papildytąją realybę (AR)

- Studentai braižo eksperimentinius rezultatus naudodami papildytosios realybės (AR) histogramas, lygindami biologinės ir robotinės regos atsakus.
- Dirbtiniu intelektu paremtos papildytosios (AR) simuliacijos apdoroja didelius duomenų rinkinius, padėdamos studentams iš savo išvadų išgauti prasmingų įžvalgų.

Vertinimas ir įvertinimas

Norėdami įvertinti mokymosi rezultatus, studentai turės:

- Atlikite prieš ir po pateiktas viktorinas, įvertindami savo supratimą apie biologinį ir dirbtinį regėjimą.
- Naudokite AR pagrįstus vizualinės analizės įrankius, kad interpretuotumėte realaus laiko jutiklių atsako grafikus.
- Dalyvaukite interaktyviose diskusijose apie tai, kaip papildytoji realybė (AR) tobulina bioninių akių tyrimus ir robotinės regos taikymus.

Išvada: AR ateitis regėjimo moksle

Integravimas į biologijos įkvėptus regos tyrimus keičia tai, kaip studentai mokosi, eksperimentuoja ir kuria inovacijas. Naudodama įtraukiančias 3D simuliacijas, interaktyvų vaizdinį žemėlapių sudarymą ir dirbtinio intelekto valdomą analizę, AR panaikina atotrūkį tarp biologinio regėjimo mokslo ir inžinerinių optinių sistemų.

Praktiškai mokydamosi papildytosios realybės (AR) pagalba, kita mokslininkų ir inžinierių karta bus geriau pasirengusi kurti pažangias bioninės regos technologijas, dirbtinio intelekto valdomus robotinius jutiklius ir papildytas optines sąsajas, formuodama biologijos įkvėptų inovacijų ateitį.

Fazė	Aprašymas
Tyrinėjimas	- Tyrimai ir atradimai : mokiniai tyrinėja biologiškai įkvėptas struktūras gamtoje (pvz., voro šilką, aštuonkojo galūnes, korį).
	- Turinio įrėminimas : mokytojai supažindina su pagrindinėmis STEM sąvokomis, susijusiomis su bioįkvėpimu, per kuruojamus skaitymus, papildytosios realybės vizualizacijas ir realaus pasaulio atvejų analizę.
	- Poreikių nustatymas : įvertinkite mokinių ankstesnes gamtos mokslų žinias ir jų pasirengimą naudojant papildytosios realybės įrankius, kad pagrįstumėte diferenciaciją.
Taikymas	- Įtraukiančios AR pamokos : įgyvendinkite modulius, kuriuose mokiniai sąveikauja su bioninių sistemų (pvz., galūnių, akių, organų) AR modeliais.
	- STEM projekto dizainas : mokiniai kuria, išbando ir tobulina savo biomimetinius prototipus (pvz., gekonų įkvėptas sukibimo sistemas ar regos jutiklius), naudodami papildytosios realybės (AR) aplinkas.
	- Formuojamasis grįžtamasis ryšys : mokytojai ir bendraamžiai teikia grįžtamąjį ryšį peržiūrėdami pristatymus ir sąveikaudami su papildytosios realybės duomenimis realiuoju laiku.
Gilinimas	AR integracija : - Aukštos kokybės modeliavimas : studentai tyrinėja sudėtingas biologines sistemas, naudodami detalias papildytosios realybės (AR) aplinkas (pvz., regėjimo takus, minkštąją robotiką, savaime





	gyjančias medžiagas) . AR anotacijos ir manipuliavimas : uždėkite skaitmenines etiketes ir atlikite struktūrinius pakeitimus realiuoju laiku, kad suprastumėte biologinį funkcionalumą . Išplėstinė sąveika : naudokite gestais arba balsu aktyvuojamus AR įrankius, kad galėtumėte giliau įsitraukti. Žaidimo turinys: - Taškai ir ženkleliai : rinkite taškus spręsdami biomechaninius galvosūkius, atpažindami biologinius analogus arba atlikdami AR STEM iššūkius . Lygio progresavimas : pereikite per AR užduočių lygius (pvz., nuo paprastų bioninių dalių kūrimo iki viso kūno sistemų projektavimo) . Komandiniai iššūkiai : varžykitės bendradarbiaujant vykdomose papildytosios realybės misijose, kad išspręstumėte realaus pasaulio bioinžinerijos problemas. AR pagrįsti vertinimai: - Interaktyvūs testai : atlikite užduotis naudodami papildytosios realybės įrankius (pvz., virtualioje laboratorijoje suderinkite biologines funkcijas su sukonstruotais analogais) . Atlikimo užduotys : pristatyti mokinių sukurtų bioninių sistemų, patobulintų papildytosios realybės (AR) technologija, modelius ir paaiškinti jų funkciją, projektavimo procesą bei biologinę kilmę . Realaus laiko grįžamojo ryšio sistemos : naudokite papildytosios realybės (AR) analizę ir ataskaitų suvestines mokymosi pažangai ir įsitraukimui stebėti.
--	--

Literatūra

Abriata.LA , 2018, „Link prekių, internetinių papildytosios realybės taikymų chemijos ir struktūrinės biologijos tyrimams ir švietimui“, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1806.08332>

„Alkhabra.YA“ , „Ibrahim.UM“ , „Alkhabra.SA“ , 2023 m., Papildytosios realybės technologijos, gerinančios mokymosi išlaikymą ir kritinį mąstymą pagal STEAM programą, <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>

Allin S, Eckel E, Markham H, Brewer BR. Naujausios manipuliavimo pagalbinių robotų kūrimo ir vertinimo tendencijos. Phys Med Rehabil Clin N Am 2010;21: 59e77.

Anderson.f , Bischof.W , 2014, Papildytoji realybė pagerina mioelektrinių protezų treniruotes, <https://doi.org/10.1515/ijdh-2014-0327>

Autumn K, Sitti M, Liang YA, Peattie AM, Hanen WR, Sponberg S, Kenny TW, Fearing R, Israelachvili JN ir Full RJ 2002 Įrodymai, kad van der Waalso sistema prisitvirtina prie gekonų pėdų plaukų, įkvėpia sintetinių klijų kūrimą. Proc. Natl Acad. Sci. USA 99 12252-6.

Autumn K ir Peattie A M 2003 Gekonų sukibimo mechanizmai. J. Integr . Comp. Biol. 42 1081-90.

Bacca, J., Baldiris , S., Fabregat , R., Graf, S. ir Kinshuk . (2014). Papildytosios realybės tendencijos švietime: sisteminė tyrimų ir taikymų apžvalga. Educational Technology & Society, 17 (4), 133–149.

Bar-Cohen Y. ir C. Breazeal (red.), „Biologiškai įkvėpti intelektualūs robotai“, SPIE Press, t. PM122, ISBN 0-8194-4872-9 (2003 m. gegužė), p. 1–393.

Bar-Cohen Y 2005b Dabartiniai ir būsimi dirbtinių raumenų, naudojant elektroaktyvius polimerus (EAP), pokyčiai. Expert Rev. Med. Devices J. Future Drugs 2 731-40.





- Bar-Cohen Y 2005 Biomimetika – biologiskai įkvėptos technologijos (Boca Raton, FL: CRC Press) p. 1–552
- Currey JD Medžiagų mokslas – biomineralinių struktūrų hierarchijos. Science. 2005;309:253–254 . doi : 10.1126/science.1113954. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- Bar-Cohen Y 2006 Biomimetika – gamtos panaudojimas žmonių inovacijoms įkvėpti. Bioįkvėpimas ir biomimetika. doi:10.1088/1748-3182/1/1/P01.
- Bartlett PN ir Gardner JW 1999 Elektroninės nosys: principai ir taikymas (Oksfordas: Oksfordo universiteto leidykla), p. 1–264.
- Bialek W 1987 Fizikinės pojūčių ir suvokimo ribos Ann. Rev. Biophys . Biophys . Chem. 16 455-78.
- Billinghurst , M. ir Duenser , A. (2012). Papildytoji realybė klasėje. Kompiuteriai, 45, 56–63. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>
- Brandacher G, Ninkovic M, Piza -Katzer H, Gabl M, Hussl H, Rieger M ir kt. Insbruko plaštakos transplantacijos programa: atnaujinimas praėjus 8 metams po pirmosios transplantacijos. Transplant Proc 2009;41:491 e4.
- Carlson J, Ghaey S, Moran S, Tran CA ir Kaplan DL 2005 Biologinės medžiagos inžineriniuose mechanizmuose Biomimetika – biologiskai įkvėptos technologijos (Boca Raton, FL : CRC Press) 14 skyrius, p. 365–80.
- Carleigh Samson, ITL programa, Inžinerijos koledžas, Kolorado universitetas Boulderyje, 2015 m.
- Craven MA ir Gardner JW 1996 Elektroninės nosys – vystymas ir ateities perspektyvos Trends Anal. Chem. 15 486-93.
- Denise W. Carlso , ITL programa, Inžinerijos koledžas, Kolorado universitetas Boulderyje, 2015 m.
- Dickinson TA, White J, Kauer JS ir Walt DR 1998 Dabartinės dirbtinės nosies technologijos tendencijos Trends Biotechnolog . 16 250-8.
- Dünser.A , Walker.L , Horner.H , Bentall.D , 2012, Interaktyvių fizikos mokomųjų knygų kūrimas naudojant papildytąją realybę.
- Dzenis Y 2004 Ištisinių pluoštų verpimas nanotechnologijoms. Mokslas 304 1917-9.
- Elkhoury.K , Morsink.M , Sanchez- Gonzalez.L , Kahn.C , Tamayol.A , Arab-Tehrany.E.2021. Natūralių hidrogelių biogamyba širdies, nervų ir kaulų audinių inžinerijos reikmėms. Bioaktyvios medžiagos. Tomas. 6, 11 leidimas.
- Fombona-Pascual.A , Fombona.J , Vicente.R , 2022, Papildytoji realybė: 3D cheminių struktūrų vaizdavimo ir manipuliavimo būdo apžvalga, DOI: 10.1021/acs.jcim.1c01255
- Gordon JE 1976 Naujasis stiprių medžiagų mokslas arba kodėl nenukreinti per grindis, 2-asis leidimas (Londonas: Pelican-Penguin), p. 1–287.
- George M. Whitesides . 2015. Bioįkvėpimas: kiekvienas ras sau kažką. „Interface Focus 5“: 20150031. <http://dx.doi.org/10.1098/rsfs.2015.0031>.
- Hamley IW. 2013 Įvadas į minkštąją medžiagą: sintetinės ir biologinės savaime susirenkančios medžiagos. Čičesteris, JK: John Wiley & Sons, Inc. Ikonografinė duomenų bazė 1665, Warburg instituto biblioteka, JK.
- Jaehwan.K , Hyang- Ki.K , Seung- Bok.C . 2002. Hibridinis sliekinis linijinis variklis. Mechatronika. Tomas 12, 4 leidimas. [https://doi.org/10.1016/S0957-4158\(01\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0957-4158(01)00016-2).





- Jeronimidis G, Atkins AG Biologinių medžiagų ir struktūrų mechanika – gamtos pamokos inžinieriui. J. Mech. Eng. Sci. 1995;209:221–235 [„Google Scholar“].
- Jiatian Li, Sitong Li, Jiayi Huang, Abdul Qadeer Khan, Baigang An, Xiang Zhou, Zunfeng Liu, Meifang Zhu. 2021 m. „Spider Silk“ įkvėpti dirbtiniai pluoštai . Išplėstinė Mokslas. <https://doi.org/10.1002/advs.202103965>
- Jones JW, Gruber SA, Barker JH, Breidenbach WC. Sėkminga plaštakos transplantacija. Vienerių metų stebėjimas. Luisvilio plaštakos transplantacijos komanda. N Engl J Med 2000;343:468 e73.
- Kemp, M. 2004 Struktūrinės intuicijos ir metamorfinis mąstymas mene, architektūroje ir moksle. Leidinyje „Metamorfis – 9-oji tarptautinė architektūros paroda“, p. 30–43. Venecijos bienalės fondas.
- Kwang Lee.E , Yoo.H ir Hwan Lee.C.2020. Pažangios medžiagos ir surinkimo strategijos nešiojamiesiems biosensoriams: apžvalga. Biosensoriai – dabartinės ir naujos biosensorių strategijos. DOI: 10.5772/intechopen.94451.
- Lakes R. Medžiagos su struktūrine hierarchija. Nature. 1993;361:511-515 . doi : 10.1038/361511a0. [CrossRef] [Google Scholar] Lawrence'o Livermore'o nacionalinė laboratorija 2010.
- Maier.P , Klinker.G , 2013, Papildytos cheminės reakcijos: Papildytosios realybės įrankis chemijos mokymui paremti , 978-1-4799-2741-8/13/31,00 USD IEEE
- Mann S 1995 Biomimetinių medžiagų chemija (Niujorkas: Wiley) p. 1–400.
- Margreiter R, Brandacher G, Ninkovic M, Steurer W, Kreczy A, Schneeberger S. Dviejų rankų transplantacija gali būti naudinga! Transplantacija 2002;74:85 e90.
- Nachtigall W. Springer; Berlynas, Vokietija: 1998. Bionikos pagrindai ir pavyzdžiai inžinieriams ir mokslininkams.
- Nagle HT, Gutierrez-Osuna R ir Schiffman SS 1998 Elektroninių nosių veikimo principai ir priežastys, IEEE Spectrum, p. 22–38.
- Nemat-Nasser S, Nemat-Nasser S, Plaisted T, Starr A ir Vakil- Amirkhizi A 2005 Daugiafunkcinės medžiagos. Biomimetika – biologiškai įkvėptos technologijos (Boca Raton, FL: CRC Press) 12 skyrius, p. 309–340.
- Kolorado universiteto regentai; Originalas © 2013 Niujorko universiteto Politechnikos institutas. Panoptas ir bioninė akis © 2013.
- Russell SJ ir Norvig P 2003 Dirbtinis intelektas: modernus požiūris (Harlow: Pearson Education) p. 1–1132.
- Tirrell DA National Academy Press; Vašingtonas, DC: 1994. Hierarchinės struktūros biologijoje kaip naujų medžiagų technologijų vadovas.
- Tran.R , Yang.J , Ameer.GA , 2015, Citratų pagrindu sukurtos biomedžiagos ir jų taikymas regeneraciniame inžinerijoje, doi : [10.1146/annurev-matsci-070214-020815](https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070214-020815)
- Schmitt OH 1969 Keletas įdomių ir naudingų biomimetinių transformacijų. 3-iasis tarptautinis biofizikos kongresas (Bostonas, Masačusetsas, rugpjūčio 29 d. – rugsėjo 3 d.), p. 297.
- Szema R ir Lee LP 2005 Biologiškai įkvėptos optinės sistemos. Biomimetika – biologiškai įkvėptos technologijos (Boca Raton, FL: CRC Press) 11 skyrius, p. 291–308
- Roshandel.H , Shammami.M , Lin.S , Wong.YP , Diaconescu.PL , 2023, Programėlių nenaudojantis metodas polimerų vizualizavimui 3D ir papildytoje realybėje, DOI: 10.1021/acs.jchemed.2c01131
- Trumpis.M , Niujorko universiteto Politechnikos institutas, 2013 m.





Venkatesen.M , Mohan.H , Ryan.J , Scürch.CM , Nolan.GP , Frakes.DH , Coskun.AF, 2021, Virtuali ir papildyta realybė biomedicinos taikymams, PMCID: PMC8324499 PMID: [34337564](#)
Vincent JFV 2001 Idėjų vagystė iš gamtos. Išsklaidomos struktūros, red. S. Pellegrino (Viena: Springer), 3 skyrius, p. 51–58.

Vlasov Y ir Legin A 1998 Neselektyvūs cheminiai jutikliai analizinėje chemijoje: nuo „elektroninės nosies“ iki „elektroninio liežuvių“ J. Anal. Chem. 361 255-66.

Wasilewski.T , Kamysz.W , Gębicki.B. 2020. Bioelektroninis liežuvis: dabartinė būklė ir perspektyvos. Biosensoriai ir bioelektronika. 150 tomas
<https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111923>

„Wikimedia Commons“ 2009 m.

Wu Y, Zhou D, Spinks GM, Innis PC, McGill WM ir Wallace G G 2005 TITAN: laidus polimerų pagrindu veikiantis mikrofluidinis siurblys Smart Mater. Struct. 14 1511-6.

Yee Ng.H , Alvin Lee.K , Kuo.C , Shen.Y. 2018. Dirbtinių kraujagyslių biospausdinimas. Int J Bioprint , 4(2): 140. <http://dx.doi.org/10.18063/IJB.v4i2.140>

Zahiri.B , Kumar Sow.P , Haow Kung.C , Mérida.W . 2017. Aktyvus drėkinimo valdymas nuo superhidrofobinio iki superhidrofilinio elektrocheminiu oksidacijos laipsnio keitimu žemos įtampos diapazone. Pažangios medžiagų sąsajos. <https://doi.org/10.1002/admi.201700121>

Zhang.Y , Feijoo-Garcia.M , Gu.Y , Poescu.V , Benes.B , J.Magana.A , 2024, Virtuali ir papildyta realybė mokslo, technologijų, inžinerijos ir matematikos (STEM) ugdyme: bendroji apžvalga, <https://doi.org/10.3390/info15090515>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Field_of_view.svg

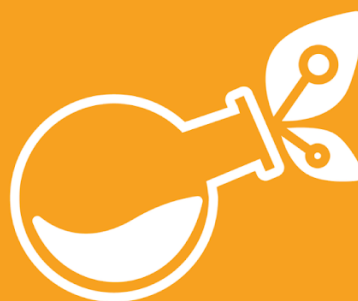
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visualcortex.gif>

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gabor-ocr.png>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU

AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.