

BRTA

BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY
ALLIANCE

TEKNOLOGIA DIGITALAK

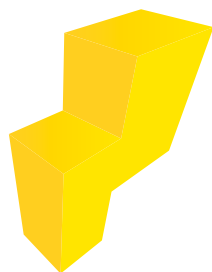


BRTA-REN IKERKETA-AGENDA

BRTA-REN IKERKETA-AGENDA

AUR- KIBI- DEA





BRTA

**BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY
ALLIANCE**

Sarrera **_04**

Zutabe teknologikoak **_12**

Teknologia disruptiboak **_64**

Soluzio digitalak **_82**

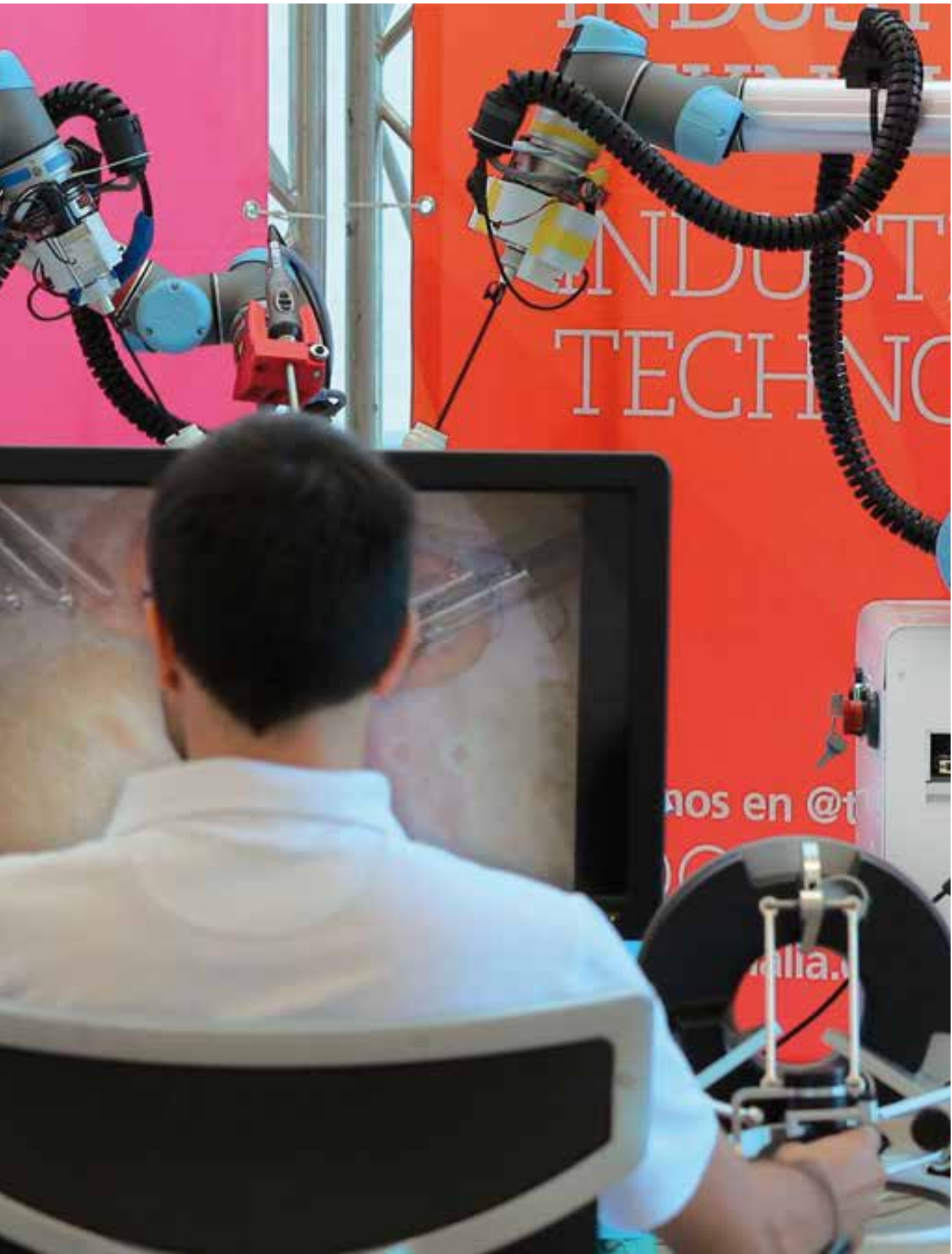
BRTA eragileen gaitasunak **_94**

01

SARRERA

4





TEKNOLOGIA DIGITALAK

01

SARRERA



Teknologia digitalak pertsonen bizitza aldatzen ari dira, komunikatzeko moduetatik bizi eta lan egiteko moduetaraino. Eraldaketa digitala, teknologia digitalak enpresetan integratzea eta horiek gizartean duten eragina da. Plataforma digitalak, Gauzen Interneta (IoT), informatika-hodeiak eta Adimen Artifiziala dira garraioan, energian, nekazaritzako elikagaien sisteman, telekomunikazioetan, finantza-zerbitzuetan, industria-ekoizpenean, osasunean eta herritarren eguneroko bizitzan eragina duten teknologietako batzuk.

Digitalaren aldeko apustua funtsezkoa da EBren politiketan, aukera handiak baititu enplegua sortzeko, hezkuntza sustatzeko, lehiakortasuna eta berrikuntza handitzeko, klima-aldaketaren aurkako borrokarako eta trantsizio ekologikoa errazteko.

Digitalaren aldeko apustua funtsezkoa da EBren politiketan, aukera handiak baititu enplegua sortzeko, hezkuntza sustatzeko, lehiakortasuna eta berrikuntza handitzeko, klima-aldaketaren aurkako borrokarako eta trantsizio ekologikoa errazteko.

Europak enpresak eta pertsonak gaitu nahi ditu etorkizun digital jasangarria lortzeko, oparagoa eta gizakia ardatz duena. Horretarako, «Hamarkada Digitalerako Ibilbidea» programa definitu da, 2030erako jomuga eta helburu zehatzekin, Europaren eraldaketa digitala ardatz hauetan gidatuz: gaitasunetan (IKTetan 20 milioi espezialista eta gaitasun digitalak dituzten biztanleen % 80), enpresetan (enpresen % 70 hodeia eta AA erabiliz, unikornioak bikoiztuz), azpiegituretan (ekoizpen erdieroaleen kuota bikoiztea, ordenagailua azelerazio kuantikoarekin) eta zerbitzu publikoen digitalizazioan (% 100 online, identitate digitala).

Hamarkada digitalerako eskubideei eta printzipio digitalei buruzko adierazpenean oinarritzen da helburu digitalak lortzea. Espazio digitalean herritarren eskubideak definitzea du helburu, pertsonak eraldaketa digitalaren erdigunean kokatuz².

Eraldaketa digital hori bultzatzeko, EB honako jardun-eremu hauek garatzen ari da³:

Datuen ekonomia

Teknologiaren garapenarekin, gero eta datu gehiago daude eskuragarri. Kontseiluak datu-merkatu bakarra sortu nahi du, sektoreen artean eta mugen bitartez datuak gehiago trukatzeko eta berrerabiltzeko, EBren printzipioen arabera. Hazten ari den ekonomia da, 2018tik 2025era EB-27ko datuen ekonomiaren balioa 301.000 milioi eurotik 829.000 milioi eurora pasatzea espero da; datuen profesionalen kopurua 5,7 milioitik 10,9 milioira pasatuko da; oinarritzko gaitasunak dituen EBko biztanleriaren ehunekoa % 57tik % 65era igoko da. Horretarako, EBk Datuen Europako Estrategia bat proposatu du, datozen bost urteetan eraldaketa digitala erraztuko duena, Datuen Gobernantzari buruzko Erregelamendua barne. Estrategia horren helburua da datuen eskuragarritasuna sustatzea, sektoreen artean eta mugaz gaindi berrerabiltzeko.

Adimen artifiziala

Adimen Artifizialak (AA) ekonomia berritzaileago, eraginkorrago, jasangarriago eta lehiakorrago bat lortzen lagun dezake, aldi berean herritarren

segurtasuna, hezkuntza eta osasun-arreta hobetuz. Klima-aldaketaren aurkako borroka ere bultzatzen du. Aldi berean, AAren teknologiaren garapena babesten du, eta Kontseiluak arrisku potentzialak onartzen ditu, eta teknologia horren ikuspegi etiko eta antropozentrikoa hartzea defendatzen du. Enpleguari dagokionez, hemendik 2025era, AAk eta robotikak 60 milioi lanpostu berri sor ditzakete mundu osoan. Erregulazio-eremuan, Adimen Artifizialaren arloko arauak harmonizatzeko Erregelamendu bat argitaratu da, oinarritzko eskubideak errespetatuko dituen AA segurua, zilegia eta fidagarria berrmatuko duena.

Konektagarritasuna

Beharrezkoa da konektagarritasun azkarra eta nonahikoa EB osoan, europar guztiei teknologia digitalerako sarbidea emango diena. EBk 2025erako konektagarritasun-helburu batzuk ezarri ditu: gigabiten konektibitatea motor sozioekonomiko nagusia guztientzat, etenik gabeko 5G estaldura hiriguneetan eta lurreko garraibide handietan, eta gutxienez 100 Mbps eskaintzen dituen konektibitaterako sarbidea Europako etxe guztientzat.

Zibersegurtasuna

Mehatxuen eta delitu zibernetikoek kopurua eta konplexutasunean gora egiten dutenez, EB lanean ari da gai hau hobetzeko eta **produktu elektronikoen**, azpiegitura digitalen eta komunikazio-sare eta -zerbitzuen osotasuna, segurtasuna eta erresilientzia babesteko.

Horretarako, funtsezkoa da komunikazio-ingurune segurua eskaintzea, eta datu eta proba elektronikotarako sarbidea berrmatzea, ondorio judizial eta polizialeterako⁴⁻⁵.

--

1 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/shaping-europes-digital-future_es

2 <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2022/11/14/declaration-on-digital-rights-and-principles-eu-values-and-citizens-at-the-centre-of-digital-transformation/>

3 <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/a-digital-future-for-europe/>

4 <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/cybersecurity/>

5 <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/e-evidence/>

TEKNOLOGIA DIGITALAK

01

SARRERA

EBko estatu kideek zerbitzu digitalei buruzko arauak indartu, modernizatu eta argitu behar direla onartzen dute, lineako erabiltzaileen segurtasuna bermatzeko eta enpresa digital berritzaileen hazkundera ahalbidetzeko.

8

Zerbitzu digitalak

Online plataformak EBko merkatuaren eta ekonomia digitalaren zati garrantzitsu bat dira. EBko estatu kideek zerbitzu digitalei buruzko arauak indartu, modernizatu eta argitu behar direla onartzen dute, lineako erabiltzaileen segurtasuna bermatzeko eta enpresa digital berritzaileen hazkundera ahalbidetzeko.

Europako politikekin bat etorritik, estatu-mailan, España Digital6 agenda eraldaketa digitalerako ibilbide-orria da, teknologia berriak erabat aprobetxatzeko eta gizarte-kohesioari lagunduko dion hazkundera ekonomikoa lortzeko anbizio handiko estrategia. España Digital 2026k funtsezko hiru dimentsiotan jarduten du: **azpiegiturak eta teknologia, ekonomia** eta 10 ardatz estrategiko dituzten pertsonak. Azpiegituren eta teknologiaren dimentsioan, hauek dira ardatzak: konektibitate digitala, 5G Teknologia bultzatzea, zibersegurtasuna eta datuaren ekonomia eta Adimen Artifiziala. Ekonomiaren esparruan sektore publikoaren eraldaketa digitala, enpresaren eraldaketa digitala eta ekintzailtza digitala, eraldaketa digital sektorial eta jasangarria eta Espainia, ikus-entzunezko hub-ak ditugu. Azkenik, pertsonen eremuan daude konpetentzia eta eskubide digitalak.

Euskadin, 2025eko Euskadiko Eraldaketa Digitalerako Estrategia (EED2025)⁷ definitu da, eta hiru dimentsiotan egituratzen da: palanka teknologikoak, gaikuntzakoak eta Euskadirentzat balioa sortzea bilatzen duen sistema gisa jarduten duten aplikazio-eremuak. Palanka teknologikoak hautatzeko, kontuan hartu da hiru trantsizioetan planteatzen diren erronketan (teknologiko-digitala, energetiko-ingurumenekoa eta gizarte- eta osasun-arlokoa) epe labur, ertain eta luzera izan behar duten eginkizun disruptiboak.

Palanka teknologikoak teknologia digital berritzaileak dira, eta horietan Euskadik ezagutza aurreratua lortu behar du jarduera publikoan, produktiboan eta sozialean aplikatzeko. Palanka horien barruan sartzen dira 5G konektibitatea, Adimen Artifiziala, konputazio kuantikoa, cloud zerbitzuak, elkarrengarritasun zerbitzuak eta zibersegurtasuna.

Gaitzaileak tresnen multzoa dira Administrazio publikoek bultzatutakoak eta sektore pribatua; izan ere, emankorragoa eta ugalketarako erakargarriagoa izatea oinarri duten ekimen berritzaileen potentzial handiagoko palanka teknologikoak transformadorea. Gaikuntzen artean sartzen dira gaitasun digitalak, I+G, erosketara publiko berrikuntzakoak, banda zabalaren konektibitatea, ekintzaitza, komunitate teknologikoa kohesionatua, komunikatua.

Aplikazio-eremuak honako hauek dira: jarduera publiko eta pribatuarenak. eragina izaten ari da teknologia digitalak eta modu berrietara igarotzeko prozesu oso bat. balioa sortzea, harreman sozialeko eredu berriak eta produktiboa edo negozio-eredu berriak. Hauek ETEak, Industria Adimenduna, energia eta ingurumena, elikagaien industria, segurtasuna, enplegua, hezkuntza, mugikortasuna, e-Administrazioa, prozedura.

Testuinguru horretan, Europan, Estatuan eta Euskadin, BRTA funtsezko aktorea da trantsizio teknologiko-digitalak dakartzan erronkak.

Horretarako, dokumentu honetan BRTA aliantzaren gaitasunak sailkatuta oinarri teknologikoetan, teknologia disruptiboetan eta soluzio digitalak. Hauek dira zutabe teknologikoak: 7 garapen teknologikoko esparru **in**katu BRTAn: elektronika eta sistema txertatuak, IA eta datuen zientzia, konektibitatea, plataformak digitalak, zibersegurtasuna, softwarearen ingeniariak eta interakzio-teknologiak. Teknologia disruptiboak garapen eremu hasiberriak dira potentzial eraldatzaile handiarekin eta digitalak hainbat zutabe erabiltzen dituzten soluzioak dira teknologikoak.



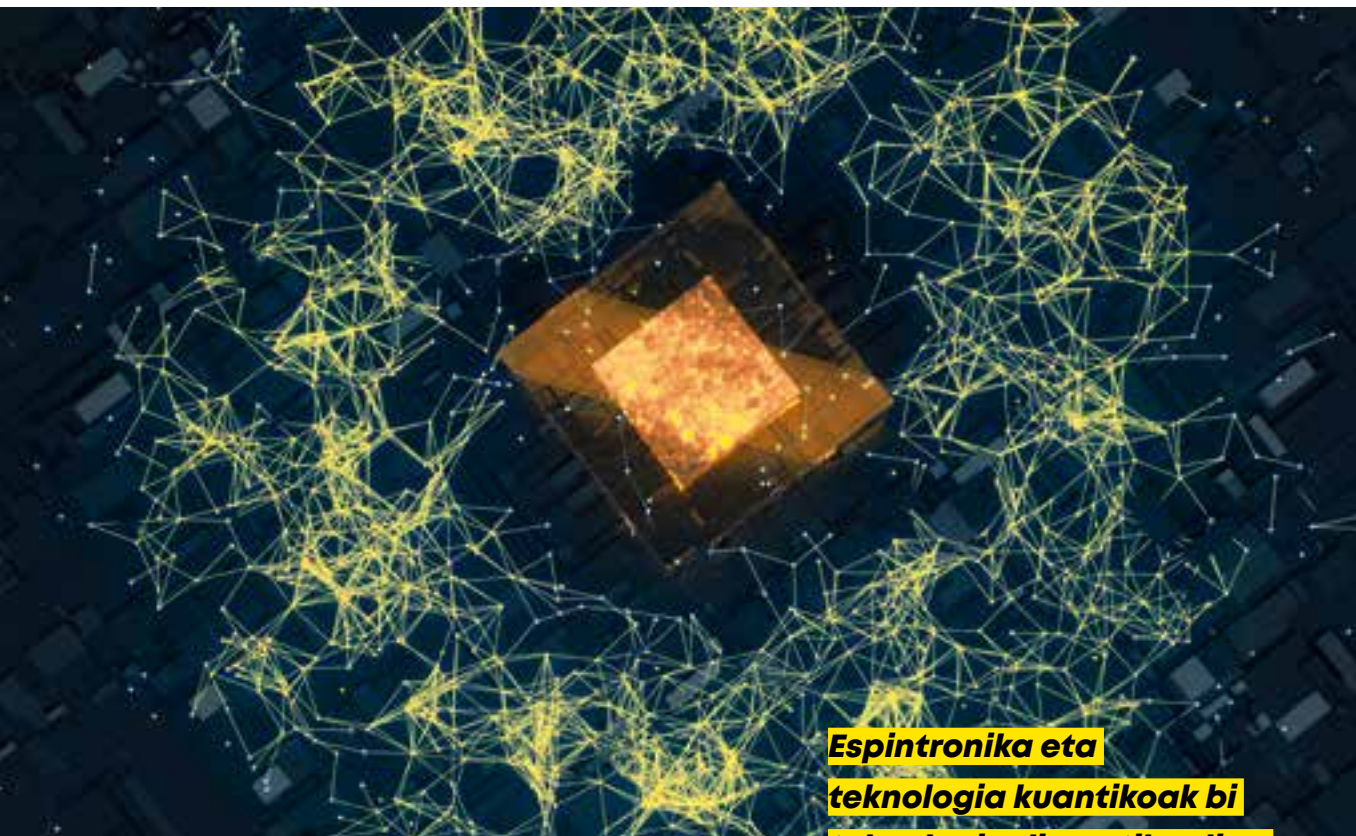
⁶ https://portal.mineco.gob.es/ca-es/ministerio/estrategias/Paginas/00_Espana_Digital.aspx

⁷ https://www.spri.eus/archivos/2021/10/pdf/etde2025_estrategia_es.pdf

Honela egituratzen da dokumentua: 2. atalean, industria-sektoreetako eta -jardueretako soluzio digitalen oinarri teknologikoak deskribatzen dira. Horretarako, Euskadiko posizionamendua, lotutako erronka nagusiak eta BRTAK erronka horiei aurre egiteko dituen gaitasunak aztertzen dira. 3. atalak bi teknologia disruptibo aztertzen ditu, oraindik eragin txikia badute ere, benetako iraultza teknologikoak eragin ditzaketanak.

Bi teknologia disruptibo horiek espintronika eta teknologia kuantikoak dira. 4. atalean, soluzio digitalen multzo bat aurkezten da. Soluzio horiek 2. atalean deskribatutako zutabe teknologikoez osatuta daude, eta inpaktu handia dute egungo industrian. Azkenik, 5. atalak BRTAren gaitasunen mapa bat erakusten du, dokumentuan zehar landutako teknologia digitalen multzoari buruzkoa.

Zutabe teknologikoak	Teknologia disruptiboak	Soluzio digitalak
<ul style="list-style-type: none"> • Elektronika eta sistema txertatuak • AA eta datuen zientzia • Konektibitatea • Plataforma digitalak • Zibersegurtasuna • Softwarearen ingeniariatza • Interakzio-teknologiak 	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologia kuantikoak • Espintronika 	<ul style="list-style-type: none"> • Biki digitala • Robotika • CPS eta IoT sareak • Monitorizazioa, diagnostikoa eta iragarpena



**Espintronika eta
teknologia kuantikoak bi
teknologia disruptibo dira,
eta oraindik eragin txikia
duten arren, benetako
iraultza teknologikoak
eragin ditzakete.**

**Europako etorkizun digitala
Europar Batasunaren lehentasunak konfiguratzeko**

- <https://www.digitales.es/publicacion/2030-digital-compass-the-european-way-for-the-digital-decade/>
- https://www.digitales.es/wp-content/uploads/2021/07/kk0521014enn_002_double_paged_81E59A7C-C5D9-65D8-2BAFF66AFB1A4D54_75375.pdf
- <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data>
- <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/a-digital-future-for-europe/>
- https://www.digitales.es/wp-content/uploads/2021/07/kk0521014enn_002_double_paged_81E59A7C-C5D9-65D8-2BAFF66AFB1A4D54_75375.pdf

02

OINARRI TEKNOLOGIKOAK

12

2.1 Elektronika eta sistema txertatuak _ 14

2.2 IA eta datuen zientzia _ 20

2.3 Konektibitatea _ 29

2.4 Plataforma digitalak _ 35

2.5 Interakzio-teknologiak _ 42

2.6 Zibersegurtasuna _ 53

2.7 Softwarearen ingeniaria _ 59







BRTaren lan-arloak 7 dira eremu digitalean, eta horietako bakoitzeko eskema hau garatzen da: sarrera, Euskadiren posizionamendua, erronka teknologikoak eta I+Gren lehentasunak.

2.1 Elektronika eta sistema txertatuak

2.1.1 Sarrera

Elektronikaz eta sistema txertatuez ari garenean, beste produktu edo ekipo batzuetan integratuta dauden gailu eta sistema elektronikoez ari gara. Sistema horiek hardware-konbinazio bat izaten dute, hala nola mikroprozesadoreak eta sentsoreak, softwarea, eta firmwarea eta software integratua. Industria-aplikazio askotan txertatutako sistemen adibideak aurki ditzakegu, automobilgintzaren sektorekoak eta osasunekoak ere bai. Izan ere, sistema elektronikoak eraldaketa digitalaren bideratzaile nagusietako bat dira, ekonomiaren sektore guztietan produktu berritzaile eta zerbitzu askoren garapena ahalbidetuz.

Digitalizazioko egungo aplikazioetarako osagai eta sistema elektroniko adimendunak egiteko, hainbat elementu behar dira, hala nola: elektronika digitala, elektronika analogikoa, elektronika mixed-signal, memoriak, potentzia-elektronika, sentsoreak, eragingailuak, energia

kudeatzeko zirkuituak, etab. Funtzionalitateen heterogeneotasun hori txip bakar batean txip (SoC) izenekoetan sar daiteke modu monolitikoan. Hala ere, gaur egungo aplikazioen konplexutasun gero eta handiagoak multichip osagaiak eta system-in-package integrazio-teknologiak edo pakete-sistema (SiP) erabiltzea eskatzen du. Pakete-sistema batek (SiP) zirkuitu integratu ugari (IC) eta beste osagai batzuk (osagai pasiboak, esaterako) pakete bakar batean biltzen ditu. Zirkuitu integratu eta osagai horiek, oro har, bereizita fabrikatzen dira eta, ondoren, pakete bakar bat osatzeko mihizatzen dira. Paketeak hainbat funtzio izan ditzake, hala nola mikroprozesadoreak, memoria eta hari gabeko komunikazioa. SiP teknologiak hainbat funtzio pakete bakar batean integratzeko aukera ematen du, eta horrek gailu eta sistema elektronikoen tamaina eta kostua murriztu ditzake, eta haien errendimendua eta fidagarritasuna hobetu.

Espero da elektronikaren etorkizuna hainbat joera eta teknologia giltzarrik zehaztea, hala nola, miniaturizazioak, malgutasunak edo elektronika berdea izenekoak. Miniaturizazioari esker, elektronika espazio txikiagoetan integratu ahal izango da. Osagai elektroniko malguak hainbat forma eta tamainatara egokituko dira. Elektronika berdeak material jasangarriak erabiliko ditu eta gailu gehiago garatzea ahalbidetuko du energetikoki eraginkorrak. Oro har, elektronikaren eta sistema integratuen etorkizuna hainbat



teknologiaren integrazioak eta konektatutako gailuen eta sistemen eskaera gero eta handiagoak baldintzatzea espero da.

2.1.2 Euskal Autonomia Erkidegoko posizionamendua

EUSKADI 2030 ZTBPea, trantsizio teknologiko-digitalerako oinarritzko teknologia gisa identifikatzen dira sistema ziberfisikoak. Sistema ziberfisiko horiek elkarren artean konektatuta dauden sistema elektronikoak dira, osagai elektroniko adimendunen sare bat osatuz.

Euskadin, elektronikan eta sistema txertatuetan ezagutza handia duten enpresen, zentro teknologikoen eta unibertsitateen ekosistema bat dago. Ezagutzaren eta Teknologia Aplikatuaren Industrien Elkartek (GAIA) eragile horiek biltzen ditu.

Hala, Euskadin aurki ditzakegu bai osagai elektronikoak eta zirkuitu inprimatu mihiztatuak (PCBak) diseinatzen eta fabrikatzen dituzten enpresak, bai, adibidez, IKOR Sistema Elektronikoak, IDK Elektronika, P4Q, Fagor Elektronika edo MASER Mikroelektronika; bai oso aplikazio desberdinetarako gailu elektroniko berritzaileak diseinatzeko osagai elektronikoak integratzen dituzten enpresak, hala nola kontsumo-elektronika, telekomunikazioak edo telemedikuntza (ALCAD Electronics, Ikusi-Velatia, Copreci, Fagor Automation, etab.). Era berean,

Elektronikaz eta sistema txertatuez ari garenean, beste produktu edo ekipobatzuetan integratuta dauden gailu eta sistema elektronikoez ari gara. Sistema horiek hardware-konbinazio bat izaten dute, hala nola mikroprozesadoreak eta sentsoreak, softwarea, eta firmwarea eta software integratua.

gailu elektroniko baten softwarea eta hardwarea diseinatzeko ingeniari-tza zerbitzuak eskaintzen dituzten enpresak aurki ditzakegu (Ulma Embedded Solutions, Tinkoa Embedded Systems, etab.).

Aipatzekoa da GAIAK **Basque Microelectronics Hub** (<https://bmh.gaia.es/es/hub/>) sortu duela, I+Grako Euskal Aliantzarekin (BRTA) eta zortzi zentro teknologiko eta ikerketa kooperatiborekin (CEIT, GAIKER, CIC Energigune CIC Nanogune, IKERLAN, TECNALIA, TEKNIKER eta VICOMTECH) lankidetzan. Zentro horiek mikroelektronikarekin eta haren teknologiekin lotutako espezializazioa eta soluzioak dituzte. Basque Microelectronics Hub-en helburua diziplina mikroelektronikoari balioa ematea da. Diziplina horrek tamaina oso txikiko diseinu eta osagai elektronikoaren azterketa eta fabrikazioa biltzen ditu, eta, normalean, material erdieroalez eginak daude.



Une honetan, EAEko 80 enpresa industrial baino gehiagok babesa eta konpromisoa dute ekimen honekin.

BRTako erakundeek oinarrizko ikerketako ekimenak bultzatzen dituzte, gaitasun handiko eta kontsumo ultra-baxuko sistema elektronikook eta sensorizazio-sistema aurreratuak diseinatuta (Elkartek Proiektuak-IIoT, ANDREA, IDEA II), eta ildo horretako nazioko edo nazioarteko proiektuak gidatzen eta parte hartzen dituzte (WATEREYE, DRAGON, PolySensor).

Jarraian, BRTako kideen artean esanguratsuenak diren elektronikako eta sistema txertatuetao proiektu nazionalak zerrendatzen dira:

- **harshMop:** offshore anitzeko plataformak etengabe monitorizatzeko sistema, korrosioa garaz detektatzeko, korrosioa babesteko sistemekin konbinatuta. (CPP2021-008523) (2022-2025).
- **MODITRANS:** Transformadoreen modelizazioa eta diagnostikoa (CPP2021-008580) (2022-2025), non zentzumen-teknologia aurreratuak garatuko diren.
- **PolySensor** Material Piezorresistivos de Matrice Termoplastikook, Injekzio eta Fabrikazio Gehigarriko Produktuetan Sentsoreak Gehiago Integratzeko (AEI – 2021 - 2022).

Elektronikako eta sistema txertatuetao ELKARTEK proiektuetako batzuk BRTako kideen artean adierazgarrienak dira:

- **MICRO4FAB, μ 4F, μ 4INDUSTRY, μ 4IIoT** (2016-2022 aldiko ELKARTEK proiektuen multzoa), non sentiberatze-teknologia aurreratuak garatu diren, gaitasun handiko eta kontsumo ultra-baxuko sistema elektronikoa eta fabrikazio elektronikoa aurreratu teknologietan ikertua.
- **IDEA II** Inprimatzeko eta integratzeko 3D elektronikoa gehigarriko ikerketa eta garapena (2021 - 2022).
- **ANDREA** (2022-2023): Baliabideen eraldaketa digitala eta erabilera eraginkorra, ikuskapen ez-suntsitzailen bidez.
- **INSPECTA** (2019-2020): Lotura kritikoen eta akatsen ikuskapenen ikuspegia, metodo sendo eta automatizagarrien bidez.
- **IN-SENSE** (2020-2021): Hegazkinak lurreratzeko trenen belaunaldi berri bat garatzea, segurtasun aeronautikoa areagotuko duen sentibera sentitzeko gaitasuna duena.
- **ERTZEAN** (2021-2022) - Edge computing aplikazio berrietarako arkitektura barneratua.

Euskal Autonomia Erkidegoko hainbat erakunde parte hartzen duten Europako proiektu esanguratsu batzuk nabarmentzen ditugu:



BRTako erakundeek oinarritzko ikerketako ekimenak bultzatzen dituzte, gaitasun eta kontsumo handiko sistema elektroniko eta sensorizazio sistema aurreratuen diseinuarekin, eta nazioko edo nazioarteko proiektuak gidatzen eta parte hartzen dituzte.

- **WATEREYE** (O & M tools integrating accurate structural health in offshores energy), non korrosioa sentitzeko teknologiak eta posizionamendu-sistemak garatu diren (2019-2022).
- **DRAGON** (D-band radio 5G network technology). Uhin milimetrikoko irrati-frekuentzia diseinatze teknologiak ikertzen ari dira (2020-2024).
- **FLASH-COMP**: Sustainable production of composites through a human centered digital approach (2022-2026).
- **FR8RAIL, FR8HUB, FR8RAIL II, FR8RAIL III, FR8RAIL IV** (Shift2Rail programaren Europako proiektuen multzoa, 2016-2023 aldia): merkantzia-trenaren digitalizazioaren ildoak ikertu da, eta teknologiak garatu dira hura monitorizatzeko, posizionatzeko, etab.
- **NIMBLE-AI**, ikusmen-aplikazioetara bideratutako txipetarako konputazio-arkitektura neuromorfikoak ikertzen ari dira.

2.1.3 Erronka teknologikoak/I+G lehentasunak

1) Edukiera handiko eta kontsumo ultra-baxuko sistema elektronikoak

Etorkizuneko sistema elektronikoaren erronka handienetako bat da gero eta gailu txikiagoak garatzeko gai izatea, konputazio-gaitasun handiagoarekin, baina energia-kontsumo txikiagoarekin. Era berean, gailu horiek etsai-inguruneetan modu sendoan lan egiteko gai izan beharko dute. Gero eta gehiago, txip (SoC) heterogeneoetan integratuko dira osagaiak eta sistemak. Horregatik, jarduera-ildo hauek identifikatu dira:

- Zirkuitu integratuak (ASIC) eta prestazio handiko eta/edo kontsumo ultra-baxuko FPGA arkitekturak diseinatzea.
- Logika energia kudeatzeko gailuekin, irrati-maiztasuneko teknologiekin (RF), teknologia optikoekin, sensorizazioarekin edo jarduketarekin integratzea.
- Konputazio neuromorfikoko arkitektura berriak.
- Elektronikaren bateragarritasuna hobetzea aurkako inguruneetan (tenperatura altuak, bibrazioak, EMI), industria-, automobilgintza- edo espazio-aplikazioetarako.
- Kontsumo ultra-baxuko teknologikoak diseinua.
- Kontsumo txikiko eta iraunkorreko elektronika inprimatua.

2) Sentsorizazio-teknologia aurreratuek

Energia-kontsumo txikiagoko sentsoreak behar dira, aurkako inguruneetan lan egiteko gai direnak eta erabiliko diren aplikazioen funtsezko parametroak zehaztasun handiagoz ezaugarritzea ahalbidetuko dutenak. Hala, honako jarduera-ildo hauetan egindako aurrerapenak funtsezkoak dira etorkizuneko sistema elektronikoetarako:

- Sentsore mekaniko berriak diseinatzea (azelerazioa, giroskopiaok, etab.).
- Giro- eta arnas-gasak hautemateko sentsoreak diseinatzea (CO, CO₂, NO_x, VOC, etab.).
- Sentsore elektromagnetikoak edo ultrasoinu-sentsoreak diseinatzea, horiek kokatuta dauden materialen propietateak neurtzeko (korrosioa, gogortasuna, etab.).
- Transmisore/hartzaile teknologia LIDAR eta Active Phased Array irudiak bezalako aplikazioetarako.
- Sentsore biologikoak eta biokimikoak.
- Posizionamendu-sistemak.

3) Potentzia-elektronikako teknologia aurreratuek

Aurrerapen berri eta esanguratsuek behar dira Internet of Things (IoT) aplikazioetan erabiltzen diren sistema elektronikoaren potentzia-elektronikan, eskura dagoen energia behar bezala kudeatzeko. Aurrera egin behar da, bai energia hobeto biltzeko eta biltegitratzeko, bai eskura dagoen energia hobeto kudeatzeko. Horrela, potentzia-elektronikaren diseinuan aurrera egiteko jardun-ildo hauek identifikatzen dira:

- Potentzia eta maiztasun dentsitate handiagoa, temperatura altuko elektronikarako material berriak eta CMOS/IGBT prozesu berriak
- Energia biltzea eta biltegitratzea, mikro bateriak, superkondentsadoreak eta energiaren hari gabeko transferentzia.
- Energetikoki eraginkorrak diren osagaiak eta sistemak.
- IoT aplikazioetarako energia-sistema autonomoak.

4) Irrati-maiztasuna diseinatzeko teknologia

Sistema ziberfisikoak haririk gabe komunikatzen dira normalean, sare kableatu bidez iristea erraza ez den lekuetan jartzen direlako. Era berean, komunikazio-lotura horiek gero eta komunikazio-tasa handiagoak eskatzen dituzte. Espektrum elektromagnetikoa gero eta saturatuago dagoenez, komunikazio-sistemen joeretako bat da banda-zabalera handiekin komunikatzeko aukera ematen duten bandetan lan egiteko lan-maiztasunak handitzea, eta horrek erronka handiak ezartzen ditu irrati-maiztasuneko gailu elektronikoaren diseinuan. Horrela, honako jarduera-ildo hauek funtsezkoak izango dira etorkizuneko sistema ziberfisikoak garatzeko:

- Goi-maiztasuneko soluzio miniaturizatuak diseinatzea, uhin milimetrikoko (> 60 GHz) eta THz-eko (>100 GHz) bandetan lan eginez.
- Irrati-maiztasuneko kontsumo txikiko elektronika-diseinua bandaren ultra-zabalera seinaleetarako.
- Antena, gailu pasibo eta potentzia-iturri txertatuen funtzionalitate gehigarriak integratzea: Power-Source-in-Package (PSiP)/ Power-Source-on-Chip (PwrSoC)

5) Hardwarea fabrikatzeko teknologia aurreratuek

Osagai elektronikoak PCBen gainean muntatu ohi dira (printed circuit boards). Esan bezala, gaur egungo joera funtzionaltasun handiagoa leku gutxiagotan barneratzea da, neurri txikiagoko eta pisu txikiagoko gailu elektronikoak izatea bilatzen baita. Horretarako, egungo hardwarea fabrikatzeko teknikak hobetu behar dira, bai PCBenak, bai osagai elektronikoaren berenak. Jarraian, erronka honetan ezarritako helburuak lortzeko kritikotzat jotzen diren jarduera-ildoak zerrendatzen dira:

- PCBen diseinua substratu malguan
- PCBren gaineko IC osagaien 3D inprimaketa
- Zirkuitu integratuak fabrikatzea teknologia eta material berriak erabiliz: BiCMOS, GaN, SiC, SiGe, etab.



**Aurrera egin behar da
bai energia hobeto
biltzeko eta biltegitzeko,
bai eskuragarri dagoen
energia hobeto
kudeatzeko.**

6) Osagai eta sistema elektronikoetan softwarea diseinatzeko teknologiak

Sistema elektroniko batean exekutatzeko den softwarearen diseinu egokia funtsezkoa da energiari dagokionez gailu segurua eta eraginkorra lortzeko, bai mikrokontrolagailu batean dabiren firmwarea, bai sistema eragilea duen mikroprozesadore batean dabiren softwarea. Hori dela eta, jarduteko ildo hauek lantzen jarraitu behar dira:

- Firmware segurua eta energetikoki eraginkorra diseinatzea.
- Exekuzio-denboran firmwarea eguneratzeko teknikak (Over-the-Air updates).
- Softwarea denbora errealeko sistema eragileetan inplementatzea.
- Programazio eraginkorra koprosesadoreetan, GPUn eta hardware-azeleragailuetan.
- Middleware banatuaren programazioa.

7) Osagai eta Sistema Elektronikoaren Ingeniaritza (Birtuala)

Ingeniaritza birtuala edo osagai eta sistema elektronikoaren biki digitalen diseinua funtsezkoa da sistema baten funtzionamendua modelatu ahal izateko inplementazio fisikoaren aurretik, batez ere segurtasun kritikoko gailuak direnean. Modelo horiei esker, gailu elektronikoaren funtzionaltasuna egiaztatzen ahal izango da fabrikatu aurretik, eta,

horrez gain, haren sendotasuna, fidagarritasuna eta potentzia-kontsumoa kalkulatu ahal izango dira. Horregatik, honako jarduera-ildo hauek jotzen dira gaitzat:

- Sistema konplexuen prototipo birtualak sortzeko elkarreragingarriak diren metodoak eta tresnak, osagai askorekin.
- Sistema heterogeneoen hardwarea eta softwarea batera simulatzeko metodoak (softwarea, hardwarea eta sentsoreak, hardware-in-the-loop, etab.).
- Ereduetan, tresna elkarreragileetan eta sistema kritikotarako plataformetan oinarritutako egiaztapen-, baliozkotze- eta proba-metodologiak.
- Segurtasun kritikoko gailuen segurtasun funtzionala, sendotasuna eta fidagarritasuna ebaluatzeko prozedurak.
- Azpistema heterogeneoak modelatzeko eta integratzeko metodoak eta tresnak (analogikoak, digitalak, RF, antenak, potentzia-elektronika, memoriak, busak, osagai optikoak, osagai pasiboak, etab.).



2.2 AA eta datuen zientzia

20

2.2.1 Sarrera

Datuen zientziak hainbat diziplina biltzen ditu, hala nola ingeniariak eta datuen prestaketa, datu-meatzaritza, analisi deskriptiboa eta prediktiboa, datuetan oinarritutako ikaskuntza-teknikak, horien bistaratzea, etab.

Bestalde, **Adimen Artifiziala**, oro har, software-sistemekin (eta hardwarearekin) lotzen da. Helburu konplexua dutenez, (1) datuen bidez hautematen dute testuingurua (2), datuetatik ateratako informaziotik eta lehendik dagoen ezagutzatik abiatuta arazoitzen dute, eta (3) dimentsio fisiko edo digital batean jarduten dute helburua lortzeko.

Adimen Artifiziala datuen zientziaren kontzeptu zabalean sartutako teknologia-multzo gisa uler dezakegu, baina, nolana ere, estuki lotutako bi kontzeptu dira. **Datuen prozesu analitikoak AA algoritmo baten implementazioan amai daiteke edo ez.**

Datuen zientzia eta AA **hainbat arlotan aplikatzen da. Industria-fabrikazioan eta -produktzioan**, baliabideen, energiaren eta materialen erabilera eraginkorragoa egiten du, diseinu- eta fabrikazio-prozesu hobeen bidez, eta eragiketa

hobetzen du. Garrantzitsua da beste sektore batzuetan egindako ekarpena, hala nola energian, osasunean, logistikan eta merkataritza elektronikoan, nekazaritzan eta elikagaien ekoizpenean, marketinean, entretenimenduan eta zerbitzu-sektoreetan, hala nola finantza-zerbitzuetan, zerbitzu publikoetan, etab.

Adierazi behar da, oro har, egituratutako eta egituratu gabeko datuen arabera lan egiten dela (testua, audioa, bideoa, etab.), eta oso garrantzitsua dela datua jasotzeko fasea, eskatutako zehaztasunarekin, fidagarritasunarekin eta maiztasunarekin.

Datu-zientzialari batek planteatzen zaizkion galderei erantzuteko jarraitzen duen prozesua urrats hauetan laburbil daiteke: 1) Datuak lortzea; 2) Kalitate-irizpideak betetzen ez dituzten edo analisirako interesgarriak ez diren datuak garbitzen eta iragazten diren datuen aurreprozesamendua; 3) Iturri askotatik datozen datuak homogeneizatzeko eraldaketa eta integrazioa, haien artean konparagarriak izan daitezen; 4) Datuen analisia, aztertu beharreko gaiei erantzuten dieten metodo eta algoritmoak erabiliz; 5) Datuen baliozkotzea: datu horiek sendoak diren edo datuen berezko

BAIC

BASQUE ARTIFICIAL
INTELLIGENCE CENTER

**2021ean, Euskadiko
Adimen Artifizialaren
Zentroa (BAIC) sortu
zen, Euskadin Adimen
Artifizialaren garapena
gidatzeko eta bultzatzeko
helburuarekin.**

alborapenengatik aldatzen diren ikustea, datu gehigarriak behar badira; 6) bistaratzeta, emaitzak aurkeztea, algoritmoa inplementatzea, nahi den produktuan/soluzioan sartzeko.

2.2.2 Euskadiren posizionamendua

Euskal Autonomia Erkidegoko 2030 Zientzia, Teknologia eta Berrikuntza Planaren arabera, Datuen Zientzia eta Adimen Artifiziala funtsezko oinarri-teknologietako bat da espezializazio-arloei eta horiek trantsizio teknologiko-digital, energetiko-klimatiko eta sozial/sanitarioetara egokitzeari dagokienez, eta eremu horietan berrikuntza disruptiboak eragiteko ahalmena du. Lehenetsun estrategikoen artean, honako hauek nabarmentzen dira:

- **Industria adimenduna** eta bere erronka datuen erabilera balorizatzea da, bezeroei adimena eta, azken batean, balioa emanez, eta, horretarako, negozio-eredu berriak garatu eta zerbitzatu behar ditu.
- **Energia garbiagoak:** digitalizazioa, datuetarako sarbidea, datuen partekatzea balio-kateetan zehar, eta datuetan oinarritutako negozio-eredu berrietarako trantsizioa.

- **Osasun pertsonalizatua:** eskala handiko datuetarako eta analitika aurreraturako sarbidea, eta datuak kudeatzeko eta askotariko datu konplexuetatik abiatuta ezagutza ateratzeko modu berriak, bai eta datu horiek erabiltzekoa ere, ikerketa eta berrikuntza biomedikoa bultzatzeko eta gaixotasunen prebentzioan, tratamenduan eta sendaketan aurrera egiteko.

Estrategia horren barruan, 2021ean **Adimen Artifizialaren Euskal Zentroa (BAIC)** sortuko da, Euskadin Adimen Artifizialaren garapena gidatu eta bultzatzeko helburuarekin. BAIC Euskadin Adimen Artifiziala (IA) sustatuko duen lankidetzara publiko-pribaturako gune bat izateko sortu da, industriak azkar bereganatzeko tresna bat, eta, aldi berean, erronka teknologiko eta sozial handienetako batean nazioartean posizionatzeko balioko duten proiektuak esperimintatzeko eta azeleratzeko laborategi gisa balioko du.

Ekosistema bat eta hainbat motatako eragileen artean partekatutako helburu batzuk ditugu: AAren hornitzaileak (finkatuak eta startupak), enpresa erabiltzaileak, ezagutza-agenteak, prestakuntza-eskaintza eta administrazio publikoak.



Aldi berean, **GAIA klusterrak AI Basque sortu du**. Haren irismena Adimen Artifiziala sustatzean datza, ekonomia- eta gizarte-esparru guztietan, beste sektore batzuekiko lankidetzaz sustatuz eta produktu/zerbitzu, teknologia eta merkatu berrien garapena bultzatuz. 2021aren amaieran, ICTA sektoreko 21 enpresak, 3 zentro teknologikok, GAIA klusterrak eta EHUK osatzen zuten AI Basque.

Europako estrategiarekin bat egiteari dagokionez,

Euskal Autonomia Erkidegoko erakundeak Europan eratzten ari diren datu-guneei lotutako ekosistemaren parte dira. Euskal Autonomia Erkidegoak International Dada Spaces (IDSA) elkartearen duen presentzia nabarmentzen dugu: Espainiako hub-a Euskaditik (Baidata) pilotatzen da, TECNALIA Competence Center gisa katalogatuta dago eta TECNALIA, TEKNIKER eta IKERLAN Implementation partners dira.

BRTAko erakundeek Adimen Artifizialean oinarritutako sistema fidagarrien (sendoak, seguruak eta etikoak) **diseinuarekin eta ezarpenarekin lotutako oinarritzko ikerketako ekimenak bultzatzen dituzte** (Elkartek 3KIA, SIIRSE proiektuak), eta ildo horretako Europako proiektuen buru ere badira (AIPROFICIENT, ARISE, AITHENA, DARROW).

Ekimen/proiektu bereziak (ELKARTEK):

- . HODEI-X (Euskal ekosistemaren ekarpena GAIA-Xi, datuen eta zerbitzuen Europako azpiegitura federatuari)
- . 3KIA (Adimen artifizialean oinarritutako sistema fidagarriak diseinatzeko eta ezartzeko proposamen integrala eta zeharkakoa)
- . SIIRSE (5.0 industriarako sistema industrial adimendun, sendo, seguru eta etikoak: espezifikazio, diseinu, ebaluazio eta monitorizazioko paradigma aurreratuak)

- . EKODATA – Datuaren Ekonomia, ustiapen analitikoaren bidez balioa sortzea
- . RESTERIA (21-22): Indukzio erresonantzaileko plataforma bat garatzea, Adimen Artifiziala aplikatuz indukziozko termografiako saiakuntzak optimizatzeko.

Euskal Autonomia Erkidegoko hainbat erakundek parte hartzen duten Europako proiektu esanguratsu batzuk nabarmentzen ditugu:

- . AI-PROFICIENT (Artificial Intelligence for improved PROduction effICIency, quality and maiNTenance)
- . ARISE (23-26) Artificial Intelligence in Manufacturing for Sustainable Applications at SMEs
- . BEAM-IDL (22-23): Multiple laser BEAM-shaping monitoring and Identification boosted by deep-Learning algorithms. VEDLIOT Open call.
- . DARROW (22-26) AI for improved wastewater treatment)
- . AITHENA (22-25) AI - based Trustworthy, Explainable scene and motion prediction and Actions
- . KINAITICS (22-25) AI for cybersecurity reinforcement

Proiektu nazional esanguratsuak:

- . ION-MAKE (Belaunaldi berriko baterietarako elektrodoen fabrikazioa optimizatzeko prozesua IA bidez azeleratzea - TRANTSIZIO EKOLOGIKOKO ETA TRANTSIZIO DIGITALEKO PROIEKTUAK 2021, MICINN)
- . ION-SELF (Baterietarako elektrodo-material berrien sintesi- eta karakterizazio-prozesuaren automatizazioa eta autonomizazioa IA bidez - Gizartearen Erronketara Bideratutako I+G+Bko Estatuko Programa, MICINN)



**GAIA klusterrak AI Basque
sortu du, eta haren
irismena Adimen Artifiziala
sustatzean oinarritzen da,
arloan ekonomiko eta sozial
guztietan.**



- Posizionamendu estrategikoa 4.0 industria baterako eredu birtualetan eta biki digitaletan – MIRAGED, biki digitalak sortzeko AA erabiltzea, Cervera-Cervera, CDTI Bikaintasuneko Teknologia Zentroetarako laguntzak egiaztatzea eta ematea.
- IA4TES Artificial Intelligence for Sustainable Energy Transition. Ikerketa Adimen Artifizialeko teknologiek sektore elektrikoaren garapenean eskain ditzaketen soluzioetan, sistema elektrikoaren paradigma berria pentsatuz. Paradigma horren ezaugarria da nagusiki berriztagarria den ekoizpena izatea, zentralizatua eta banatua nahastea, sare digitalizatua eta automatizatua, optimizatua, erabiltzaile mota guztiei bi noranzkoko zerbitzuak emateko gai dena.

23

2.2.3 2.2.3 Erronka teknologikoak/ I+G lehenetsunak

. Sentsorizazioa eta pertzepzioa

Sentsorizazioa objektu edo propietate fisiko bat detektatzearekin eta neurketa-printzipio horiek atzeman eta tratatu daitekeen seinale bihurtzearekin lotuta dago. Pertzepzioa informazio sentsoriala antolatzea, identifikatzea eta interpretatzea da, jasotako informazioa ulertzeko.

Sentsorizazioaren eta pertzepzioaren azken helburua informazioa edukitzea da, komunikatu eta prozesatu ahal izateko. Teknologia horiek hainbat datu mota tratatzeko gai izan behar dute: denbora errealeko sentsoreetatik datozenak, denborazko serieak, testuak, soinuak, irudiak, bideoak, etab.



Sentsorizazioa eta pertzepzioa datu-zientziarekin eta AArekin lotutako edozein aplikazioren abiapuntua da. Aplikazio horiek datu esanguratsuak eta fidagarriak garaiz jasotzearen mende egongo dira.

Hauek dira I+Gren lehentasunak arlo horretan:

- Pertzepzioa ziurtatzea, **eragiketa-baldintzak edozein direla ere**: ingurumen- eta klima-baldintzak, baldintza pertsonalak, etab.
- **Maiztasunean eta kalitatean sentitzeko gaitasuna hobetzea**, kostua murriztuz.
- **Sentsorizazioa integratzea eta modu modularrean** prozesatzea.

Lehentasun horiek lotura estua dute elektronikako zutabearekin eta sistema txertatuekin, eta, bereziki, sentsorizazio-teknologia aurreratuekin.

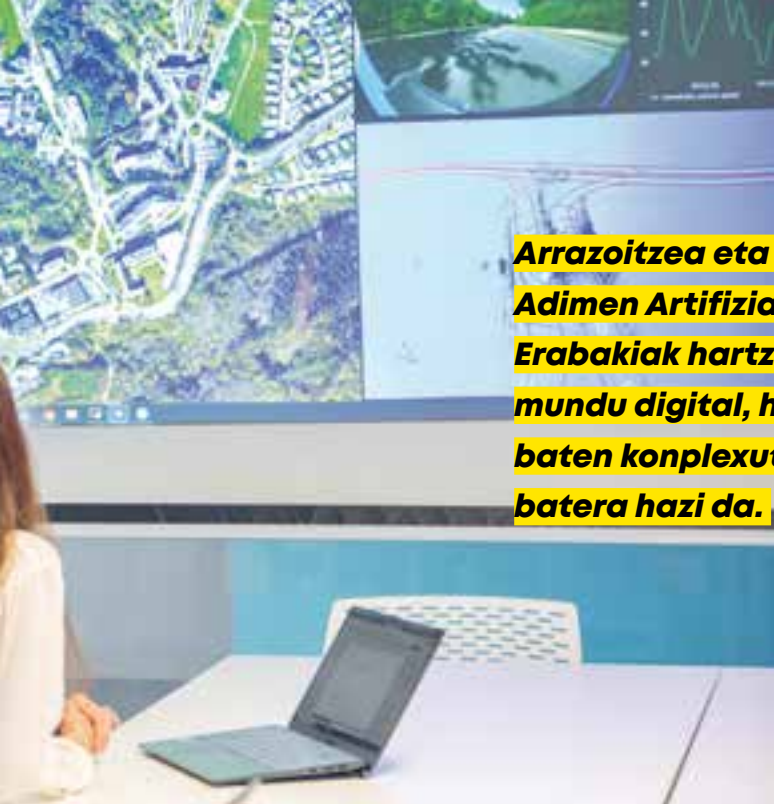
. Datuak, ezagutza eta ikaskuntza

Atal honek ereduak eraikitzeko aukera ematen duten teknologiak biltzen ditu. Sistema batean behin iragazi eta egokitu ondoren jasotzen diren datuetatik eta hari buruz dagoen ezagutzatik abiatuta egiten da eraikuntza hori (adibidez, arau multzoetan, ekuazio fisiko-matematikoetan edo ontologietan antolatuta). Bi elementu horietatik abiatuta, eredu digitalak (datuak bakarrik) edo hibridoak konfiguratu dira, ondorengo arrazoiketa-, optimizazio-, jardun- eta abar-prozesuak egitea ahalbidetuko dutenak.

Ikaskuntzak teknologien multzoa barne hartzen du AAren barruan, datuetatik abiatuta eredu bat sortzeko edo eguneratzeko aukera ematen duena. Ikaskuntza automatikoa, datuen bidez ezagutzaren indukzioa automatizatzea eta orokortzea da helburua, eta horretan ere arreta berezia eskaintzen zaio arazoaren konplexutasun konputazionalari eta horiek prozesatze-denbora egokietan konpontzeari. Bestalde, teknika ugari daude (adibidez, probabilitatea, errefortzua), eta helburua da eredu eguneratzea, eragiketan eta ustiapenean jasotako informaziotik abiatuta (datu berriak, emaitzak...).

Hauek dira I+Gren lehentasunak arlo horretan:

- **Ereduen azalgarritasuna** errazteko gai diren metodoak, bereziki nork bere burua azaltzeko gaitasun txikia duten teknologietatik abiatuta, hala nola sare neuronaletatik.
- **Ikaskuntzaren "Federazioa"**, datuak hainbat espaziotan banatuta dauden agertokien barruan (adibidez, pribatutasun-politiken arabera) eta eragiketa eta eredu sinpleen emaitzak konbinatu/konposatu behar dira.
- Ikaskuntza-sistema horiek elikatu ditzaketen **datuak gehitzeko** teknikak erabiltzea, entrenamendu-datuen kalitatea eta kopurua handituz.
- Diseinutik abiatuta, **fidagarritasun-**premisak txertatzea (**etikaren, legearen eta sendotasunaren** ikuspegi hirukoitzetik), bai ikaskuntza-sistemetan, bai ereduetan, haien inklusioa errazteko eta gizartearen artean arbuioa saihesteko.



Arrazoitzea eta erabakiak hartzea da Adimen Artifizialaren azken helburua. Erabakiak hartzeko prozesuen konplexutasuna mundu digital, hiperkonektatu eta global baten konplexutasuna handitzearekin batera hazi da.

. Arrazoitzea eta erabakiaren euskarria

Arrazoitzea eta erabakiak hartzea da Adimen Artifizialaren azken helburua. Erabakiak hartzeko prozesuen konplexutasuna mundu digital, hiperkonektatu eta global baten konplexutasuna handitzearekin batera hazi da. Erabakiak hartzean sartzen diren aldagaien kopurua gero eta handiagoa da, eta erantzun-denborak gero eta txikiagoak. Bi faktore horien ondorioz, erabakiak hartzeko orduan giza gaitasuna nabarmen murrizten da. Gero eta digitalagoa den mundu baten hiper-monitorizazioak aukera ugari ematen ditu Adimen Artifiziala erabakiak hartzerakoan giza gaitasunak areagotzeko osagarri ezin hobea izan dadin.

Atal honetan bildutako tekniken multzoa eredu (ezagutza- eta ikaskuntza-faseak) eta gizakien gaitasun kognitiboa **osatzera bideratuta egongo litzateke, gaitasun handitu horiek erabakiak hartzerara bideratuz (adibidez, nola kontrolatu makina batek bere kontsumoa minimiza dezan, produkzio-eskakizunak betetzen dituen bitartean, ahalik eta hutsegite gutxien sortuz).**

Hauk dira I+Gren lehentasunak arlo horretan:

- . **Erabakiak hartzea preskripzioarekin edo jarduketarekin** identifikatzen da, **optimizazioaz, plangintzaz, bilaketaz edo diagnostikoaz** ari bagara ere. Arrazoiketaren helburua erabakitze-prozesuari ziurtasuna, sinesgarritasuna eta gardentasuna bermatzea da.
- . Ekuazio fisiko parametrikotik oinarritutako emulazio-sistema klasikoak Machine Learning sistemarekin konbinatzea: Erabakiak hartzeko sistemak **gizakiek, makinek** (Machine Decision

Making) edo bien konbinazio batek egin ditzakete. Physics Aware ML izeneko kontzeptu berritzaile bat dago, non **Machine Learning** eta emandako soluzioen sinesgarritasuna eta ziurtasuna bermatzen duten kontzeptu edo lege fisikoak uztartzen diren; edo Massachussetseko Institutu Teknologikoak berriki sartutako Shared Interest kontzeptua, ereduaren portaeraren interpretazio semantikoak egiteko aukera ematen duena.

. Gizonen eta makinaren arteko elkarrekintza-sistemak: Gizonen eta makinaren arteko elkarrekintzan, normalean, elkar ulertzeko gap bat dago, biek erabakiak hartzeko duten moduan. Sistema mistoetarako ez dago gizonen eta makinaren arteko elkarrekintza-eskema bakar bat, hainbat forma har ditzakete (makinak iradokitzen du eta gizakiak erabakitzen du deklinatuz, aldatuz edo iradokizuna onartuz; gizakiak gidatzen du makinari irtenbidea bilatzeko prozesuan prozesu iteratibo eta kooperatibo batean, HMI eskemak, Human Machine Interaction). Hurbilketa mota honen adibideak dira konputazio neuronalaren eta irudikapen sinbolikoaren arteko uztarketa, kausalitate-erlazioen inferentzia.



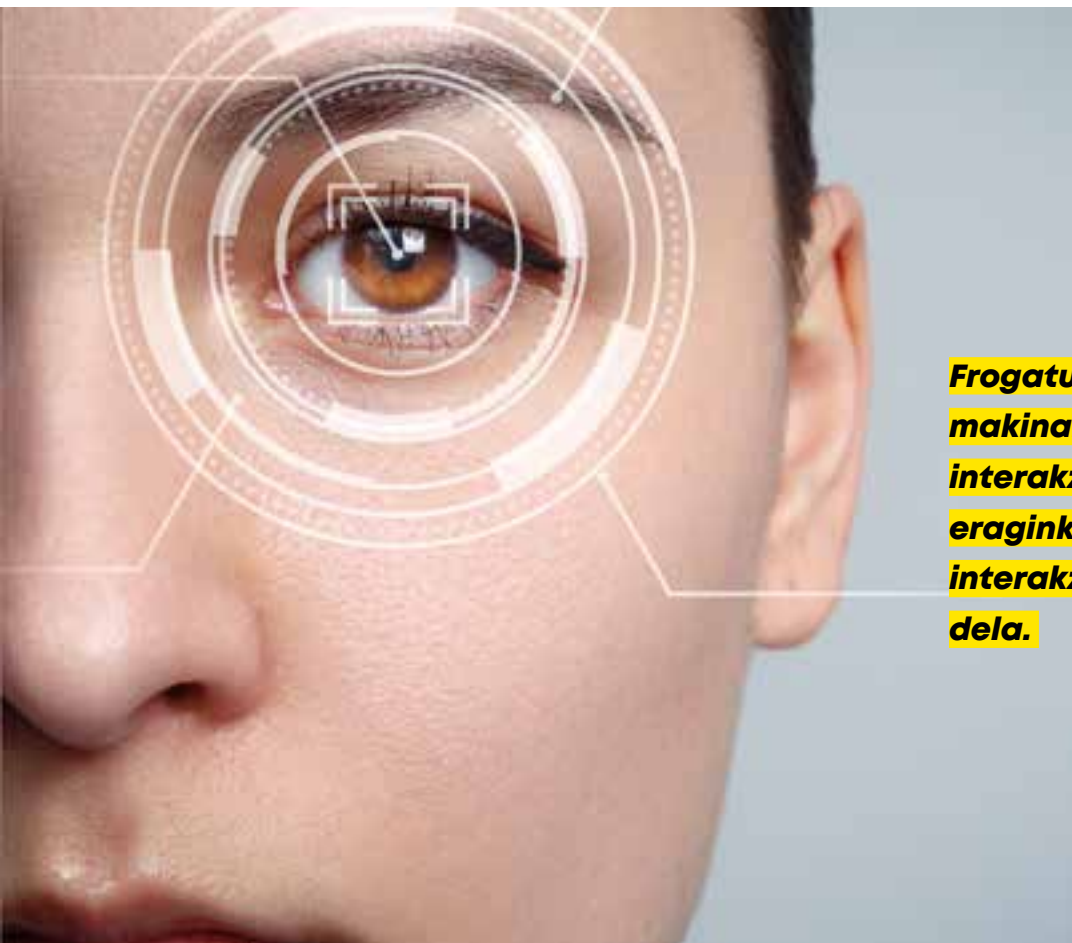
. Elkarrekintza

RA/RV/RX teknologien bidez gizakiak makinarekin (hizkuntza eta/edo hitz egitea) duen interakzio-moduak adierazten dituen "Elkarrekintza-teknologiak" atalean identifikatutako interakzio-teknikez gain, atal honetan AAK interakzio hori hobetzen nola lagun dezakeen aztertzen da.

Historikoki, baina batez ere azken hamarkadetan, frogatu da gizakiak makinarekin duen interakzio-modu eraginkorrena interakzio aptiko bat dela.

Hauak dira I+Gren lehentasunak arlo horretan:

- Gehien erabiltzen diren formak hizkuntzaren erabilera (NLP; Natural Lenguaje Processing eta/edo NLU Natural Lenguaje Understanding) eta hizketaren ezagutza (Speech Recognition) dira, **elkarrizketa-eragileen garapenaren bidez**. Etorkizunerako joera **eragile multimodala** da, hau da, testuaren, hizketaren, keinuen, emozioen, espazio- eta denbora-harremanen bidez aztertu, erabaki/iradoki eta arazoitzeko gai dena, besteak beste.
- Gaur egun, giza gaitasunak handitzera bideratutako interakzioari "augmented human" deitzen zaio, eta ikerketa hiru oinarri nagusitan oinarritzen da: 1) pertzepzioa (gizakiarena zein makinarena); 2) interakzio-eskema; eta 3) informazioa eta telekomunikazioak.
- Interakzio-sistemak hobetzeak erraztu egingo du gizakiek AAn oinarritutako garapenak modu eraginkorrean eta seguruan erabiltzea, eta, gainera, bermatu egingo du haien gaitasunak hobetuko direla AAren zutabe etikoek ezartzen duten eskeman, hau da, gizakiarentzako IA centered automation eskeman. Joera berritzaile horretan, makinaren funtzionaltasunak eta interakzio-bitartekoak (interfazea) erabakiak hartzeko prozesuan gizakiaren inferentzia-gaitasunak, premiak eta helburuak ustiatzeko balio dute (arrazoiketaren eta erabakiaren euskarriaren atalean ezarritakoari jarraituz ezarriko da).



**Frogatu da gizakiak
makinarekin duen
interakzio-modu
eraginkorra
interakzio aptiko bat
dela.**

27

. Arkitekturak, metodoak eta tresnak

Soluzio digitalak hedatzeko beharrezkoak diren arkitekturek, metodoek eta tresnek diseinuaren alderdiak (fidagarritasuna, erreproduzitzagarritasuna, elkarreragingarritasuna, pribatutasuna eta/edo segurtasuna) eta lanean ari diren teknikariak (latentzia, energia-kontsumoa, komunikazio-baliabideak, kalitatea, besteak beste) bermatu behar dituzte. Adimen artifizialaren **operazionalizazioak, produktu edo zerbitzu gisa duen bizi-ziklo osoan**, softwarearen, hardwarearen, ingeniartzaren eta integrazioaren, balidazioaren, testaren eta ziurtapenaren alderdiak sartzen ditu, baita elkarreragingarritasuna ere. Elementu horiei guztiei esker, ereduak trebatu, berrerabili eta ezarri ahal izango dira urrats erreproduzitzaillean, ereduak, datuak eta hiperparametroak lotuz, haien bizi-ziklo osoa monitorizatzeko aukera emanez.

Hauek dira I+Gren lehentasunak arlo horretan:

- . Plataformen ikuspegitik, AAn oinarritutako produktuak edo zerbitzuak operazionalizatzeraz bideratuta daude, eta **AAk, adibidez, SaaS** (software as a service) edo IaaS (poliestructure as a service) eskaintzen ditu, elkarreragingarritasuna eta egonkortasuna bermatuko dituen ekosistema bat eskainiz. Erraldoi digital handi guztiek eskaintzen dituzte beren erreferentziazko plataformak: GoogleAI, Microsoft Azure ML, Amazon Web Services (AWS), IBM Watson, SAS, NVIDIA GPU Cloud, besteak beste.
- . Metodoen ikuspegitik, funtsezko puntuak produktu edo zerbitzu horien eragiketaren alderdi teknikoagotara bideratuko dira (latentzia, energia-kontsumoa, etab.), eta Edge-cloud computing (latentziarekin eta komunikazio-beharrekin lotutakoa) edo GreenAI kontzeptua (Adimen Artifizialeko ereduaren energia-kostua kontuan hartzen duena) bezalako alderdiak giltzarri egingo dira.

TEKNOLOGIA DIGITALAK

02

OINARRI
TEKNOLOGIKOAK



Konektibitatea prozesu honen zutabe nagusietako bat da, informazioa non-nahi eta berehala eskuratzeko aukera ematen baitu.

5G teknologiak, hala nola datuak modu masiboan eta latentzia ultra-baxuarekin mugitzea ahalbidetuko duten teknologia gaitzaileak, azken gailuen eta Cloud Computing plataformen artean.

2.3 Konektagarritasuna

2.3.1 Sarrera

Azken urteotan informazioaren eta komunikazioaren teknologiek (TAK) izan duten garapen azkarrak eraldaketa garrantzitsua ekarri du ia jarduera-sektore guztietan. Konektibitatea prozesu honen zutabe nagusietako bat da, informazioa non-nahi eta berehala eskuratzeko aukera ematen baitu. Hainbat sektorek, hala nola entretenimenduak eta sormen-industriek, garraioak eta logistikak, telemedikuntzak edo bankuak, eraldaketa argia izan dute, prozesuetan inplikaturako elementuen edo aktiboaren konektibitateari esker.

Energia edo manufaktura bezalako prozesu industrialen kasuan, gero eta gehiago sistema ziberfisikoen (CPS, Cyber-Physical-Systems) eta gauzen Interneten edo Internet of Thingsen (IoT) arteko konexioan oinarritzen dira. Mota honetako industria-inguruneetan hainbat aplikazio mota bereiz daitezke, konektibitate-baldintza oso desberdinekin: alde batetik, prozesuak automatizatzeko aplikazioak daude, hala nola industria-instalazioen monitorizazioa, non nodo kopuru handi baten magnitude fisikoak (adibidez, temperatura, presioa, etab.) sentsorizatzen diren eta aldakuntza-denbora oso geldoak dituzten. Bestalde, fabrikak automatizatzeko aplikazioak daude, hala nola aplikazio robotikoak, non erantzun-denbora oso azkarrak eta latentzia oso kontrolatuak eskatzen dituzten eragiketak egiten diren.

Horrelako aplikazioak tradizionaliki bus kableatuak erabiliz egin izan dira, robotika kolaboratiboaren kasuan bezala; hala ere, gaitasun handiko eta fidagarritasun handiko hari gabeko teknologien etorrerak industria-aplikazio berriak hedatzea ahalbidetzen du, hala nola abiadura handiko makina birakariak kontrolatzea eta monitorizatzea edo mugikortasun handiko inguruneetan robotak kudeatzea.

2.3.2 Euskadiren posizionamendua

Konektibitate-teknologiak dira Euskadi 2030 Zientzia, Teknologia eta Berrikuntza Planaren zeharkako zutabeetako bat. Hain zuzen ere, plan honek Gauzen Internet (Internet of Things, IoT) eta 5G teknologiak aipatzen ditu, datuak modu masiboan eta latentzia ultra-baxuarekin mugitzea ahalbidetuko duten teknologia gaitzaile gisa, azken gailuen eta Cloud Computing plataformen artean. Konektagarritasun-teknologia horiei esker, konputazio-zereginak dispositibo-Cloud loturako hainbat punturen artean banatu ahal izango dira, eta zeregin horiek ahalmen handiko urruneko zerbitzarien (Cloud Computing) eta azken nodotik gertu dauden eta erantzun-denbora laburragoa duten gailuen artean banatu ahal izango dira.

Ilido horretan, BRTAko erakundeek 5G teknologiarekin (B-INDUSTRY5G), powerline komunikazioekin (COM4RED, COM4RED2) eta komunikazio-komunikazioekin (AUTOLIB, AUTOEV@L) lotutako ELKARTEK ikerketa-proiektuen buru dira, bai eta trenbideko garraioarekin eta automobilgintzarekin lotutako hainbat proiekturen buru ere, bai estatu mailan (5G EUSKADI, OpenVerso), bai Europa mailan (Safe4RAIL-3, X2RAIL-5, C-ROADS, 5G-IANA).

Hauetako BRTAko kideen konektibitateari buruzko ELKARTEK proiektu adierazgarrietako batzuk:

- **B-INDUSTRY5G** (ELKARTEK 2021-2022), 4.0 Industriadako 5G laborategi aurreratu multzo baten koordinazioan oinarritutako punta-puntako 5G plataforma teknologiko bat garatu duen proiektua.
- **COM4RED, COM4RED2** (2017-2019 aldiko ELKARTEK proiektuen multzoa), non maiztasun-banda berrietan sare elektrikorako Powerline komunikazioak ikertu ziren.

- **AUTOLIB, AUTOEV@L** (2019-2023 aldiko ELKARTEK proiektu multzoa), non ITS kooperatiborako ITS-G5 komunikazioak ikertu ziren.
- **5G4BRIS3** (ELKARTEK 2020-2021), 5G sareetarako teknologia giltzarriak ikertzeko estrategiaren oinarriak ezartzea helburu zuena, arreta berezia jarriz Euskadiko Regional Innovation Strategy for Smart Specialization (RIS3) erakundearen arlo nagusietan.

Konektibitateari buruzko Europako proiektu esanguratsu batzuk nabarmentzen ditugu, Euskal Autonomia Erkidegoko hainbat erakundek parte hartzen dutenak:

- **Safe4RAIL, Safe4RAIL-2, Safe4RAIL-3** (Shift2Rail programaren Europako proiektuen multzoa, 2016-2023 aldia). Bertan, haririk gabeko komunikazioak garatu dira tren-inguruneetarako, bai trenetik kanpo, bai trenaren barruan.
- **X2RAIL-1, X2RAIL-3, X2RAIL-5** (Shift2Rail programaren Europako proiektuen multzoa, 2016-2023 aldia). Bertan, etorkizuneko lurreko trenen komunikazio-teknologia landu da, eta haren hedapena errazteko tresnak garatu dira.
- **C-ROADS** (Connected Roads): ITS-G5 komunikazioen bidez errepideak digitalizatzea ikertu da.
- **5G-IANA**, 5G Intelligent Automotive Network Applications. Automobilerako 5G zerbitzuak diseinatu, garatu eta testing egiteko Europako proiektua.
- **5G Mobix**, mugikortasun konektatuko eta automatizatuko zerbitzu aurreratuak.

Eta, azkenik, BRTAko kideen konektibitateko proiektu nazional adierazgarrienak zerrendatzen dira:

- **5G EUSKADI** (Sare Programa. Ekonomia eta Enpresa Ministerioak finantzatu zuen 2020-2022an), non mugikortasunerako 5G teknologiaren hainbat aplikaziotan ikertu zen, industria eta energia sektorean, besteak beste.





- **OpenVerso** (Open Virtualized Technology Demonstrators for Smart Grids), Cervera Bikaintasun Sarea, 5G belaunaldiko eta etorkizuneko komunikazio-sare mugikorren bilakaera bizkortzeko.

2.3.3 Erronka teknologikoak/ I+G lehentasunak

Etorkizuneko konektibitate-teknologiek hainbat erronkari erantzun beharko diete, eta zerbitzu eman beharko dieten aplikazio berritzaile eta aurreratuek ezarriko dituzte erronka horiek. Erronka horien artean, honako hauek daude:

1. Datu-bolumen handiak

Hori da multimedia-informazioaren transmisioaren kasua; izan ere, irudien definizioaren eta gailuen kopuruaren hazkundearen ondorioz, datuen transmisio-bolumenek esponentzialki gora egin dute azken urteetan. Informazio gehiago izateko, 5G sare zelularrak eta IEEE 802.11 sisteman oinarritutako WiFi estandarrak modulazio konplexuagoetara eta banda-zabalera handiagoko komunikazio-kanaletara migratzen ari dira, baita komunikazio milimetrikoen bandetara ere.

2. Kontsumoa optimizatzea

Machine-to-Machine (M2M) aplikazio askotan, oso byte gutxikoak dira transmisioak, eta datuak bidaltzeko maiztasuna oso txikia izan daiteke; hala ere, sarbidea zaila da eta ez dute kableatzerik ematen. Adibidez, aplikazioetan aldagai fisikoak monitorizatzen dira, hala nola deformazioa, tenperatura edo presioa instalazio industrial handietan, azpiegitura kritikoak, etab. Horiek IIoT paradigmatari jarraitzen diote (IIoT Industrialia). Kasu horietan, funtsezkoa da energia-kontsumoa murriztea, eta hor bideratzen dira LPWAN soluzioak (Low-Power Wide Area Network). Horiek haririk gabeko teknologiak dira, banda-zabalera txikiko gailuen interkonekzioan espezializatutako eremu zabaletako sareentzat, irismen luzeak eta kontsumo txikikoak.

Teknologia horien artean daude, gaur egun, honako hauek: LoRA, RPMA edo Sigfox[®] sistema jabeak, bai eta LPWAN teknologia lizentziatuak ere, sare zelularretan oinarrituak, hala nola LTE Cat-M1, NB-IoT eta EC-GSM.

3. Latentzia ultra-baxua

Komunikazio kritikoetan, hala nola industria-komunikazioetan, funtsezkoa da komunikazio-latentzia/jitter parametro oso baxuak eta mugatuak lortzea bermatuko duten mekanismoak izatea. Norabide horretan mugitzen dira 5Gren Ultra-Reliable and Low-Latency Communications (URLLC) zerbitzuak, baita Time Sensitive Networking (TSN) teknologia ere. TSN IEEE 802.1 delakoaren barruko estandar batzuk dira, eta sare kableatuen gaineko komunikazio fidagarriak, deterministak eta jitter baxukoak lortzeko diseinatuta daude. Gaur egun, interes handia dago TSN teknologia haririk gabeko ingurunera hedatzeko, eta espero da WiFi estandarren hurrengo bertsioetan eta 5Gren etorkizuneko sareetan sartzea, non slicing teknikekin latentziaren gaineko kontrola konbinatuta hari gabeko zerbitzuek komunikazio kritikoko zerbitzuak ase ahal izango dituzten latentziari eta jitterari dagokienez.

4. Fidagarritasuna eta erabilgarritasuna

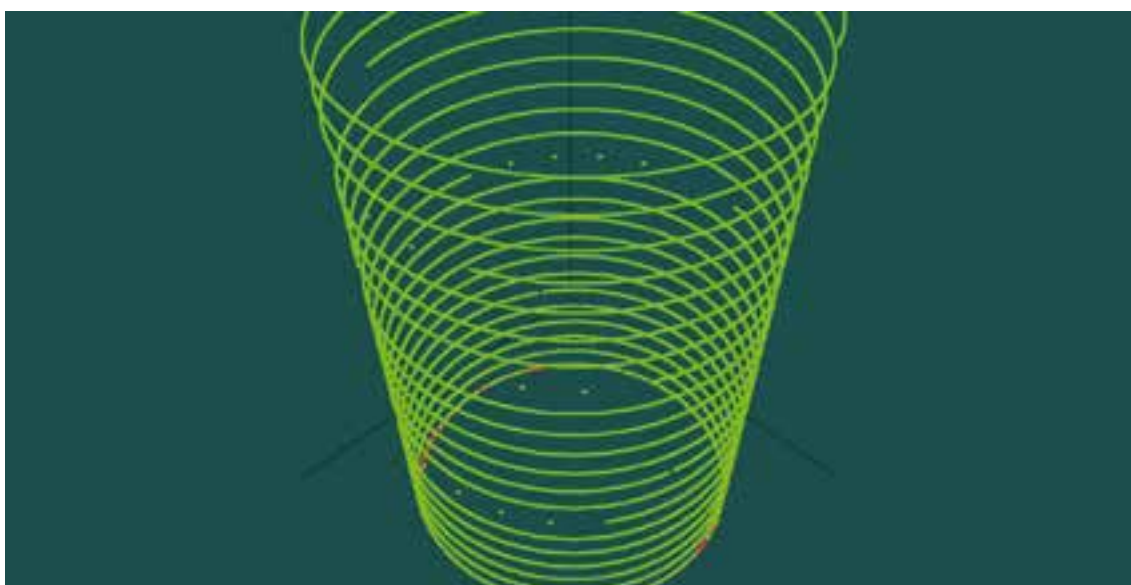
Fidagarritasuna eta erabilgarritasuna ere funtsezko bi baldintza dira aplikazio industrialetan, hala nola automatizazio industrialak («Factory Automation») eta prozesuen automatizazioa («Process Automation»). Faktore horiek bereziki kritikoak bihurtzen dira industria busak haririk gabeko mundura eramaten direnean, non komunikazioa kalteberago bihurtzen baita interferentzien aurrean, nahita zein nahi gabe, baita hari gabeko kanalaren hedapen-baldintzen aldaketen aurrean ere. Kasu horietan, komunikazio-sistemak gai izan behar du aplikazioak hondar-errore maila baten azpitik

funtzionatzen duela bermatzeko. Errore hori segurtasun-osotasunaren mailak zehazten du (Safety Integrity Level, SIL). Horretarako, hainbat arintze-teknika aplikatu behar dira, hala nola espazio-, denbora- eta maiztasun-aniztasuna, lotura erredunatuen erabilera (Multi-Link), haririk gabeko lotura direktiboak eta maiztasun-jauziko eta espektro hedatuko teknikak.

5. Mugikortasun handia

Azken urteetan bilakaera garrantzitsua izan duten konektibitate-teknologiaren beste alderdi bat V2X (Vehicle to Everything) komunikazio-komunikazioak izan dira. Hasiera batean IEEE 802.11p estandarrean WiFi teknologian oinarrituta planteatu ziren teknologia horiek 3GPPk txertatu ditu 5Gren garapenaren roadmap-ean, eta C-V2X (Cellular Vehicle to Everything) izeneko V2X komunikazioetarako LTEen oinarritutako estandar bat planteatu du. Estandar horren lehen bertsioan, komunikazio-komunikazioak gauzatzeko beharrezkoak diren oinarritzko mekanismoak definitu ziren, hala nola V2V (Vehicle to Vehicle) eta V2I (Vehicle to Infrastructure), nahiz eta azken bertsioetan (5G-V2X) eragin handiagoko beste mekanismo batzuk sartu diren, mota horretako komunikazioek eskatzen dituzten latentzia- eta/edo fidagarritasun-eskakizunei euskarria emateko.

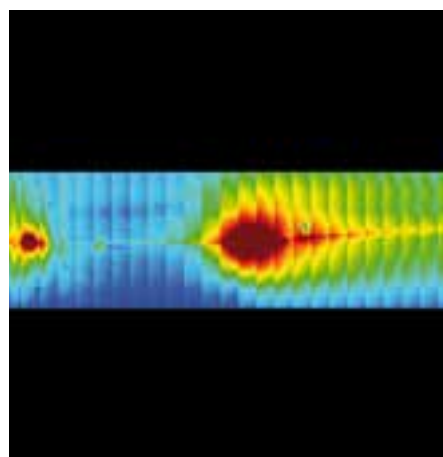
IoT-ko AAK denbora errealean bildutako datuak azter ditzake, eredu anormalak identifikatzeko. Hori egiteko, ikaskuntza automatikoko eta datumeatzaritzako teknikak erabil daitezke.



33

6. Datuen analisia

Komunikazioen garapen teknologikoa gehien haztea espero den puntuetako bat IoT eremuan Adimen Artifizialeko (IA) mekanismoak hornitzea da, eta bereziki Mobile Edge Computing (MEC) eremuan. Horri esker, eragiketak denbora errealean egin daitezke datuen jatorritik askoz gertuago, erabakiak hartzeko eta oso milisegundo gutxitan jarduteko aukera emanez; izan ere, latentzia murrizten da inteligentziarekin hodeian bakarrik lan egiteari dagokionez, eta komunikazioak optimizatzen dira. Horretarako, beharrezkoa da Edgeko eta hodeiko gailuen arteko koordinazio argia, ekintza bakoitza une bakoitzean non gauzatu behar den erabakitzekeo dinamismoa ahalbidetzeko. Esparru horretan, Machine Learning (ML) tekniken erabilera nabarmentzen da; modeloak hodeian trebatzen



Segurtasuna eta informazioaren babesa funtsezko erronkak dira egungo komunikazioetan, batez ere haririk gabeko komunikazioetan, kableatuak baino kalteberagoak baitira erasoekiko.

34

dira, gailuek sortzen duten datu-kopuru handiarekin, eta, ondoren, trebatutako modelook arkitekturaren Edgetik gertuago dauden nodoetan hedatzen dira, erabakiak behar den tokitik gertuago hartzea onduzatzeko, sistema kritikoetan erantzuteko denbora murriztuz.

7. Segurtasuna

Segurtasuna eta informazioaren babesa funtsezko erronkak dira egungo komunikazioetan, batez ere haririk gabeko komunikazioetan, kableatuak baino kalteberagoak baitira erasoekiko. Arazo hori konpontzeko, komunikazio-pilaren maila guztietan segurtasuna indartzeko teknikak aplikatu behar dira, geruza fisikoan seinalea prozesatzeko teknikatik hasi eta goragoko mailetan zifratzeko tekniketara. Gainera, beharrezkoa da sistema horiek etengabe monitorizatzea eta MLn oinarritutako metodoak ezartzea, komunikazio-sareko portaera anomaloetatik abiatuta egon daitezkeen mehatxuak antzemateko.



2.4 Plataforma digitalak

2.4.1 Sarrera

Plataforma digital baten ganean hedatzen da ekosistema bateko datuen kaptura, biltegitratzea, prozesatzea, analisia eta bistaratzea, eta enpresa bat eta eskaintzen dituen zerbitzuak digitalizatzeko zutabe nagusietako bat da. Plataforma horiei esker, ohiko balio-kateko sareak baino arinagoak diren negozio eta interakzio eredu berriak sor daitezke hornitzaileekin, bezeroekin eta erabiltzaileekin. Era berean, datuetan oinarritutako erabaki kritikoak hartzeko aukera ematen dute.

Gaur egun, plataforma digital asko daude aisialdira, online erosketak egitera (arquitmarketplace), aktiboak erreserbatzera eta partekatuzera, etab. bideratuak, gure gizarte modernoaren ohiturak, kultura eta balioak irauli dituztenak. Gizartearen eta industriaren esparruetan, honako hauek nabarmentzen dira: produktu baten bizi-zikloan datuak atzitzeko eta kudeatzeko plataformak, energia-kontsumoak eta efizientziak monitorizatuzera bideratutakoak, ekoizpen- eta logistika-prozesuetan aplikatutakoak, osasuna zaintzeko plataformak eta hiri adimendunak. Oso ohikoa da plataforma horiek adimendunak edo smart adjektiboa jasotzea.

Plataforma bakoitzak arkitektura mota bat eta funtsezko ezaugarri tekniko batzuk ditu, besteak beste:

- 1) Aldagai fisiko sentsorizatuak eta harrapatutako datu motak definitzea.
- 2) Datuak atzemateko eta bidaltzeko sentsore, konektore eta komunikazio-protokolo motak. Sistema txertatuekin eta konektibitatearekin lotutako alderdiak.
- 3) Datuak jaso, biltegitratu, aztertu eta eskuratzeko erabiltzen den azpiegitura mota, bai tokiko zerbitzarietan, bai Internet bidez ere.
- 4) Plataforman exekutatzen diren software-aplikazioak, Adimen Artifizialekoak barne, eta horien tipologia (arkitekzioa, software komertziala, software propioa).
- 5) Hedapen- eta eskalatzeko sistemak (orkestratzaileak).
- 6) Datua gobernatzeko irizpideak.
- 7) Segurtasun- eta zibersegurtasun-sistemak (enkriptazioa, autentifikazioa, kirurgia).

Ezaugarri horiek plataforma digitalak ezartzeko berebiziko garrantzia duten bi kontzeptutan dute eragina: eskalagarritasuna eta malgutasuna. Horrela, plataforma digital industrial bakar batek hainbat lerro kontrola ditzake, fabrikazio-prozesu desberdinekin (malgutasuna), eta garapen bakarra ezar daiteke PyMEetan, datu-bolumen fisiko txikiarekin, eta milaka informazio-nodo (eskalagarritasuna) dituzten enpresa handietan.

Industrian izan duten bilakaerari dagokionez, datuen plataforma digitalek bilakaera azkarra izan dute azken urteotan, eta makineta datu isolatuen siloak izatetik zerbitzari eta datu birtualen espazioetan elkarreraginean egotera igaro dira. Horien ganean hainbat iturritako datuen analitikan oinarritutako eragiketak egin daitezke. Plataforma industrialen azken bilakaera aplikazio eta garapenen (DevOps) eta Adimen Artifizialean oinarritutako optimizazio- eta iragarpen-algoritmoen (MLOps) hedapen azkar, jarraitu eta kalitate handikoarekin lotuta dago, hainbat aktibo eta makinarekin konektatutako zerbitzarietan.

Europako Batzordearen arabera, eta bere estrategia digitalean jasotzen den bezala, gaur egun Europan milioi bat enpresa baino gehiago ari dira plataforma digitalak erabiltzen beren produktuak saltzeko eta zerbitzu aurreratuak eskaintzeko, baina soluzio horiek integratuta dituzten enpresa txiki eta ertainen ehunekoa % 50 baino ez da.

Bestalde, mundu mailan sortutako datuen bolumena esponentzialki hazten ari da, eta kalkulatu da 2018an 33 zettabyte izatetik 2025ean 175 zettabyte izatera iritsiko dela. Hori aukera bikaina da enpresentzat. Gainera, datuak gordetzeko eta prozesatzeko modua nabarmen aldatuko da datozen urteetan. Gaur egun, kalkuluen arabera, datuen prozesamenduaren eta analisiaren % 80 konputazio-zentroetan eta datu zentralizatueta egiten da, eta % 20 konektatutako objektu adimendunetan (ibilgailuak, etxetresna elektrikoak, robotak) eta erabiltzailearengandik hurbil dauden konputazio-sistemetan (). Datozen urteetan oso litekeena da proportzio horiek berdintzea eta inbertitu ahal izatea.

Bestalde, kalkulatu da 41,5 bilioi IoT gailu baino gehiago konektatuta eta aktibo egongo direla 2025ean, horietako asko industria-sektoreetan. Gailu horiek sortutako datuak plataforma digitaletan kudeatzearen alde egiten duten enpresek zerbitzu aurreratu berriak eskaini ahal izango dituzte, barneko eta bezeroen beharrak eta arazoak diagnostikatzeko, aurrea hartzeko eta automatikoki konpontzeko.

2.4.2 uskadiren posizionamendua

EUSKADI 2030 ZTBPN plataforma digitalak identifikatzen dira espezializazio adimenduneko arloetan eta hiru trantsizioetan (teknologiko-

digitala, energetiko-klimatiko eta sozial-sanitarioa) laguntzeko ahalmena duten oinarritzko teknologia digitalen artean.

Euskadiko trantsizio teknologiko-digitalak digitalizazioan oinarritutako eta Adimen Artifizialeko eta Big Datako teknologien erabilerrari etekina atera diezaioketen erakundeetarako trantsizioa bilatzen du. Ildo horretan, plataforma digitaletek teknologia herritarren zerbitzura jartzea eta ekonomia digital bidezkoagoa eta lehiakorragoa sustatzea ahalbidetuko dute. Funtsezko beste teknologia batzuek, hala nola Gauzen Internetek, 5G teknologiek edo zibersegurtasunak, plataforma digital horiek konektibitate, segurtasun eta konfiantza estandar handienekin garatzeko aukera ematen dute.

BRTA zentroak aitzindariak dira hainbat aplikaziotarako plataforma digitalak garatzen; besteak beste, ingurune industrialetako datuak atzitzeko, bistaratzeko eta aztertzeko plataformak, sare elektriko adimendunak, zerbitzu adimendunak, logistika adimenduna, osasuna eta hiri adimendunak.

**Euskadiko trantsizio teknologiko-digitalak,
digitalizazioan oinarritzen diren eta Adimen
Artifizialeko eta Big Datako teknologien
erabileratik onura atera dezaketen
erakundeetarako trantsizioa bilatzen du.**

Industria-enpresa askok dagoeneko konfiantza dute beren prozesu eta negozioetako datuak kudeatzeko eta balio erantsi handiagoko zerbitzu aurreratu berriak definitzeko soluzio horietan, datu horien atzipena eta analisisa monitorizatzeko. Plataforma horiek erabiltzeak eta datuetan oinarritutako erabakiak hartzeak abantaila handiak dakarzkie enpresei, bai barne-ikuspegitik (kostuak murriztea, prozesuak optimizatzea, eta abar), bai bezeroei.

BRTAko zentroek garatutako plataforma digitalen zerrendak honako hauek biltzen ditu:

- KONNEKT by IKERLAN 4.0 garraiorako, energiarako eta industriarako.
- Dananext (VICOMTECH). Industria-prozesuetako datuak konektatzeko, prozesatzeko, iragartzeko eta optimizatzeko plataforma.
- VIXION360, TECNALIAK eta Spyro enpresak sortutako eta horretarako sortutako NEBT Vixionek ustiatutako datu industrialak monitorizatzeko plataforma.
- BikiTT, BikiTT-Ind, BikiForge by CEIT, prozesua kontrolatzeko plataforma eta biki digitalen integrazioa duen produktua tratamendu termiko konbentzionaletarako, indukzioarako eta forjaketarako.
- MainRail, hasiera batean CEITek eta Inycomek garatutakoa, MainRail SLk ustiatzen du komertzialki, trenbide-azpiegituraren mantentze-lanak kudeatzeko.
- SAM by TEKNIKER, instalazioen errendimendua handitzera, eragiketak optimizatzea eta mantentze prediktibora bideratua.
- SAVVY INDUSTRIAL CLOUD by Savvy Data Systems, fabrikazio industrialaren, mekanizazioaren eta transformazio metalmekanikoaren sektorerara bideratua. Savvy Data Systemsek garatua, DANOBATGROUPEk

eta IDEKOk, IPFK, FAGOR Automazionek eta FAGOR Arrasatek partaidetutako enpresak.

· LORTEKek garatutako Inteliweld plataforma soldadura eta ikuskapen prozesuetarako, eMenhir Welding plataforma industrial, HISPAVISTA eta HyperCog enpresekin lankidetzan garatua, gaitasun kognitiboak dituen plataforma hiperkonektatua, fabrikazio malgua egiteko eta sistema ziberfisikoak garatzeko.

Bestalde, BRTAko erakundeek zeregin garrantzitsua dute plataforma digitalen eta haien funtzionalitateen diseinu, hedapen eta baliozkotze kontzeptu berrien garapenarekin lotutako ikerketa-proiektuetan, datuen analisisan eta Adimen Artifizialean oinarrituta, hainbat aplikazio eta inguruetan. Besteak beste, Europako esparruan (InterQ, HYPERCOG, DAWN, X2RAIL, LINX4RAIL, Cloud LSVA) eta Euskadi mailan estrategikoak diren proiektuak nabarmentzen dira (Elkartek: DIGITAL, EGIA proiektuak).

2.4.3 Erronka teknologikoak/ I+D lehenetsunak

Teknologiaekin lotutakoak:

1) Hedapen eta eskalatzeko eraginkorra

Irmoki uste da, abiadura handiko mundu batean, aplikazio indibidual batek ere ez duela lehiarako abantaila sortzen epe luzera; aitzitik, AAK bultzatutako aplikazioak garatzeko, inplementatzeko eta eskalatzeko gaitasuna duten plataformak dira aldea azkarren markatuko dutenak. Hori bera egia da industriaren munduan. Gure ikuspegitik, fabrika digitalak software plataforma arin eta eraginkor bat behar du aplikazioen bizi-zikloa kudeatzeko, eta horren barruan sartzen dira eragiketen garapena, probak, inplementazioa eta gainbegiratzea. Aplikazioen garapenaren inguruko arintasuna hobetzeko, low-code gaitasunek, mikrozerbitzuen arkitekturek eta edukiontzien teknologiak osatzen dute oinarri tekniko garrantzitsua.



**Adimen Artifiziala
plataforma digitaletan
integratzeak lehiarako
abantaila handia ekarriko du,
eta balio erantsi handiagoko
zerbitzu berriak garatzea
ahalbidetuko du.**

Izan ere, plataforma industrialak eraginkortasunez hedatzeko, eskalatzeko eta mantentzeko, kodea, konfigurazio-fitxategiak, liburutegiak eta aplikazioen elementuak paketatzen dituzten edukiontzi birtualak erabiltzea gomendatzen da. Edukiontzi birtual horiek eta edukiontziak eta orkestratzeko tresnak (Docker, Kubernetes edo Openshift) erabiltzeak hainbat abantaila eskaintzen ditu, hala nola aplikazioak eta eramangarritasuna hainbat ingurunetara hedatzea, aplikazioen bertsio berrien garapena eta hedapena bizkortzea edo konputazio mailako balibideen murrizketa.

Edukiontzi birtualak birtualizazio-sistemak dira, eta sistema eragile gonbidatu bakarra duten aplikazio baten zati bereziak exekutatzeko gai dira. Edukiontzi birtualak askoz arinagoak eta eraginkorragoak dira beren sistema eragilea, PUZ, memoria, sare-interfazea eta biltegitratzea dituzten makina birtualak edo VMak baino.

Edukiontziak erabiltzearen abantaila nagusia da bateragarritasuna errazten dela eta aplikazioak garatzea eta hedatzea errazten dela DevOps filosofiaren barruan, denbora laburragoan aplikazioak modu eraginkorragoan garatzea eta funtzio berriak edo bezeroentzako software

bertsio berrikusiak azkar argitaratzea sustatzen baitu. Filosofia horrek bertsioen kontrol zorrotza, aldaketen jarraipena eta programatzaileen arteko koordinazioa eskatzen ditu, baita softwarea eraikitze, saiatzeko eta etengabe integratzeko tresnen erabilera ere. Git eta Jenkins bezalako tresnak ohiko irtenbideak dira erronka horiei erantzuteko.

2) Arkitektura seguruak eta fidagarriak (arkitektura elektrikoak – fog-cloud)

Hodeian konputazioa sortu aurretik, datuen prozesamendua makinaren ertzean baino ez zen gertatzen. Mundu deskonektatua zen. PLCak (kontrolagailu logiko programagarriak) eta KPIak (PC industrialak) sentsoreen datuak zuzenean makinaren ertzean prozesatzeko adibide klasikoak dira. Kasu horietan, software-eguneratzeak eskuz egiten dira on-premise.

Hodeiko konputazioa industria-mundura hurbiltzeak IIoT kontzeptuaren hasiera markatu zuen. Kontzeptu horri esker, datu-prozesamendua eta aplikazioen bizi-zikloaren kudeaketa hodei publikoko azpiegituretara eraman ahal izan ziren. Etapa honek, funtsean, IIoT industrialaren sorrera adierazten du. Eboluzioan emandako urrats horrekin, hyperscaler-ak sortu ziren, hala nola, Microsoft, Amazon AWS, SAP, Adamos, Siemens Mindsphere, Forcam, Aveva eta abar, industria arloko eskaintzekin. Kontzeptu horren abantaila nagusia da hodeian datu holistikoen laku bat ezar daitekeela. Horrek gardentasuna ematen du lantegi anitzeko inguruneetako ekoizpen-prozesuetan, eta prozesuak optimizatzeko gaitasun analitikoak aplikatzea ahalbidetzen du.

Gaur egun, IIoT baterantz eboluzionatzen ari da, makinaren ertzean, Edge plataformetan zentratuta. Edukiontzien teknologia baliatzen da soluzio berriak sartzeko, non aplikazioen bizi-zikloaren kudeaketa hodeira eramaten den, eta datuen prozesamenduak makinan jarraitzen duen. Testuinguru horretako adibideak dira Siemens Industrial Edge, Phoenix Contact PLCNext, Bosch Rexroth CtrlX, Litmus, Savvy Edge, Beckhoff. Makinan oinarritutako IIoT kontzeptuaren hasieran emandako urrats hori.

Fabrikari oinarritutako Edge plataformak garatzeko aukera, Factory Fog edo Factory Edge ere deitua, goranzko joera bat da, protekzionismo maila handiko sektoreetatik abiatzen dena (aeronautika eta espazioa), baina beste sektore

batzuetara hedatzen ari dena. Fabrikaren barruan aldi baterako ezintasunaren azpiegitura finkatzea da helburua. Hainbat abantaila ematen dizkie bezeroei, nolakoak diren: biltegitratze- eta zenbaketa-ahalmen handiagoa izateko gaitasuna, informazioa perimetralki kontrolatzeko segurtasuna eta ABeko azpiegiturearen kostuak murriztea, finkatzearen bidez. Soluzioak honako mota hauetakoak dira: jabetun soluzioak (Siemens MindSphere On-premise, Savvy Fog, etab.), irtenbide pertsonalizatuak (Canonical, Edgeworx, Red Hat, VMware, Cloudera, etab.), kanpo-hornitzaileetan oinarrituak.

3) AAren integrazioa

Lehen aipatu bezala, Adimen Artifiziala plataforma digitaletan integratzeak lehiarako abantaila handia ekarriko du, eta balio erantsi handiagoko zerbitzu berriak garatzea ahalbidetuko du. Beraz, ikerketa eta garapeneko erronka eta lehentasun bat plataforma digitaletan Adimen Artifizialeko aplikazioak eraginkortasunez integratzearekin eta hedatzearekin lotuta dago. Ildo horretan, eta DevOps filosofiatik abiatuta, IAOps, MLOps, model serving and monitoring, intelligent redeployment metodologiak garatu dira. Metodologia horien artean daude, besteak beste, ML eta DL ereduak modu gainbegiratuan edo automatikoan hedatzeko estrategiak, datu-multzoaren edo dataseten trazabilitatea, trebatutako ereduaren datuetarako sarbidea edo iragarpen-ereduen arteko konparazioa.

Plataforma digitalek horrelako ezaugarriak izatea eta Adimen Artifizialeko aplikazioen integrazioa eta hedapena metodologia horien arabera diseinatuta egotea funtsezkoa da plataforma horien lehiarako abantaila bermatzeko. BRTAko zentroek esperientzia handia dute ekosistema desberdinetan metodologia horiek ezartzen.

4) Big Datarako plataformak

Datu handien kontzeptuak (datu masiboak edo eskala handiko datuak) datu-multzo oso handi eta konplexuei egiten die erreferentzia. Datu-multzo horiek prozesatzeko aplikazio informatiko ez-tradizionalak behar dituzte behar bezala kudeatzeko. Bolumenaren eta konplexutasunaren ondorioz, prozedura eta software sofisticatuagoak behar dira patroien, korrelazioen eta abarren bidez ezagutza aztertzeke eta ateratzeko.

Datu-bolumen handien kudeaketari lotutako erronkak honako hauek biltzen ditu: datuak hartzea eta biltegiatzea, sistemen dimentsionamendua, bilaketak, partekatzeak eta analisiak egitea, denbora errealean eta geroratuan bistaratzea eta interpretatzea. Datu-bolumen handiak manipulatzeko beharra estatistika-txostenak eta iragarpen-ereduak sortzearen ondorio da, sistema oso konplexuetan eta aldagai edo askatasun-maila asko eta erlazio ez-linealak dituzten sistemetan.

Gaur egun, datu-bolumen handiekin lan egiteko berriaz diseinatutako tresnak eta aplikazioak daude, eta horien artean nabarmentzekoak dira Hadoop (Big Data ren datu-kudeaketa), Spark (Wstreaming big data) edo Hive (datu-based).

5) 5G-rekiko bateragarritasuna

Erronka hori konektagarritasun-zutabearekin lotuta dago; izan ere, 5G eta WiFi estandarrak datuen transmisio-bolumenen etengabeko hazkundeari erantzuteko diseinatu dira. Plataforma digitalak 5G sareekin eta protokolo honekin haririk gabeko komunikazio-sistemekin bateragarriak izateak bermatzen du datu-bolumen handia lortzea eraginkortasun handiagoarekin eta datuak eskuratzeko sentsoare eta sistema gehiago erabiliz. Ezaugarri horiek dituzten inguruneetan, bateragarritasun horrek diferentzia marka dezake.



Datu-trukea funtsezko gaitzailea da Adimen Artifizialeko (IA) soluzio lehiakorretarako. Datu-plataformen ekosistema batek datu-fluxu jarraitu eta koordinatuak onartu beharko lituzke, datuak sistema adimendunen artean arazorik gabe mugituz.

6) Gobernantza eta datu-espazioa

Datu-gune bat datu-ereduen, dataseten, ontologiaren, datu-trukeen kontratuen eta kudeaketa-zerbitzu espezializatuen edozein ekosistema da, bere inguruko software-gaitasunekin batera. Gaitasun horiek datuen ingeniartzaren ikuspegia jarraitzen dute, datuak biltegitratzeko eta trukatzeko mekanismoak optimizatzeko, ezagutza berriak zainduz, sortuz eta partekatuz.

Datu-trukea funtsezko gaitzailea da Adimen Artifizialeko (IA) soluzio lehiakorretarako. Datu-plataformen ekosistema batek datu-fluxu jarraitu eta koordinatuak onartu beharko lituzke, datuak sistema adimendunen artean arazorik gabe mugituz. Datu pertsonal eta jabetza-datu itxiak arautzeko behar horri heltzeko ikuspegi berriak ematen dituzten bi irtenbide kontzeptual Industrial Data Spaces (IDS) eta Personal Data Spaces (PDS) dira.

IDS irtenbide kontzeptuala industria jabeen datuetara bideratuta dago. Hori egiteak ingurune segurua eta fidagarria bermatu behar du, parte-hartzaileek beren datu-aktiboak modu seguruan eta legez trukatzeko aukera izan dezaten, lege-esparru argi baten barruan. IDS konektoreen errealizazio funtzionalak agintzen du nabarmen murriztuko direla datu-fluxu libre baterako dauden oztupoak, datu-ekonomia aurreratu baten barruan.

Datu pertsonalen espazioen (PDS) kontzeptua aukera baliotsua da pertsonen haien gainean harrapatzen diren datuen gaineko kontrol pikortsua emateko eta datu horiek nola partekatzen eta erabiltzen diren jakiteko, baina baita erakundeek datuetan oinarritutako zerbitzuak errazago garatzeko bitarteko gisa ere. OpenPDS eta Solid dira gaur egun informazio pertsonalaren biltegitratze deszentralizatua onartzen duten aplikazioak merkatuan sartzen ari diren enpresak.

2.5 Interakzio-teknologiak

2.5.1 Sarrera

Sistema digitalek pertsonekin komunikatzeko eta elkar eragiteko duten gaitasuna funtsezko alderdia da ia aplikazio-eremu guztietan balio-zerbitzuak garatzeko. Eremu digitalean gertatzen dena ulertzeko eta lortu nahi diren helburuak kontrolatzeko eta transmititzeko gaitasuna lortzeko, bi erronka nagusi daude makinena eta pertsonen arteko harreman fisiko eta naturala ezartzeko orduan. Lehen hesi motak komunikazio-kanalarekin du zerikusia (bisuala, hizketa, haptikoak). Bigarrenak elkarrekintzaren alderik kognitiboarekin du zerikusia (zer irudikapen bisual mota ezartzen den eta zer esan nahi duen, hizkuntza naturala ulertzea eta sortzea, eta abar).

• eXtended Reality

Errealitate hedatua (XR edo eXtended Reality) pertsonen modu digitalean sortutako inguruneekin modu errealean esperimintatzeko eta elkar eragiteko aukera ematen duten hainbat teknologiarik buruzko terminoa da. Gaur egungo artearen egoerak asko aurreratu du ingurune birtualen (VR, Virtual Reality edo Errealitate Birtuala) sorkuntzan eta adierazpenean, gaur egun industria indartsua baitute bideojoko murgiltzaileen esparruan eta baita hezkuntzaren/ prestakuntzaren esparruan ere.

• Hizketaren teknologiak eta hizkuntza naturala

Neurona-arkitektura berriak, datu-kopuru handiei eta horiek prozesatzeko hardware azpiegiturei esker, hizketaren eta hizkuntza naturalaren teknologiek aurrerapen handia izan dute azken urteotan. Aktoreak arlo honetako teknologikoek hainbat aplikaziotarako emaitzarik onenak nork lortzen dituen ikusteko lehiatzen dira: ahotsaren ezagutza eta sintesia, testuen sailkapena eta informazioa ateratzea, testuak eta horien



Elkarrizketa-laguntzaileek eta chatbot-ek gero eta hobeto ulertzen eta erantzuten diote giza hizkuntzari, eta horrek komunikatzeko gaitasuna handitu eta eraginkortasuna hobetu du.




TEKNOLOGIA DIGITALAK

02

OINARRI
TEKNOLOGIKOAK





Gaur egungo ahotsa ezagutzeko sistema generikoek gizakien antzeko emaitzak lortzen dituzte irakurritako hizketa garbian, baina oraindik ere hobetzeko tartea dute testuinguru zaratatsueta edo modu espontaneoagoan hitz egiten denean, eta hiztegiak eta hizkuntza espezializatuagoa dituzten domeinuak egokitzea eskatzen dute.

laburpenak automatikoki sortzea, testuak eta ahots-ahotsa automatikoki itzultzea, edo ahots eta/edo hizkuntza natural bidezko elkarrekintza-sistemak, elkarrizketa-laguntzaile eta chatbots gisa ere ezagutzen direnak. Azken horiek gero eta hobeto ulertzen eta erantzuten diote giza hizkuntzari, eta horrek komunikatzeko gaitasuna handitu eta eraginkortasuna hobetu du.

Solaskideek ahotsa ezagutzeko, ahotsa laburtzeko, ulertzeko eta hizkuntza naturala sortzeko osagaiak dituzte.

• Ahots-ezagupena

Ahotsa ezagutzeko teknologia eboluzionatu egin da osagaien pipeline-tan oinarritutako sistema gainbegiratuetatik muturreko/muturreko arkitektura neuronaletara, haien entrenamendua, doikuntza eta inferentzia sinplifikatzen dutenak. Aurre entrenatutako eredu akustikoak ere sortu dira, gainbegiratu gabeko ikaskuntza-metodoekin eta Wav2Vec2.0, HuBERT edo Conformers gisa etiketatu gabeko datu askorekin. Horiek, zereginera egokituta, erreferentziatzko emaitza asko gainditzen dituzte, bereziki datu gutxiko hizkuntzetarako eta zereginetarako. Duela gutxi, Whisper argitaratu da, hizkuntza anitzetako 680,000 audio-ordu dituen modelo gainbegiratua, ahotsa prozesatzeko hainbat zeregin egiteko gai dena, hala nola ezagutzea, hizkuntza identifikatzea, ahots-jarduera detektatzea eta itzulpena.

Gaur egungo ahotsa ezagutzeko sistema generikoek gizakien antzeko emaitzak lortzen dituzte irakurritako hizketa garbian, baina oraindik ere hobetzeko tartea dute testuinguru zaratatsueta edo modu espontaneoagoan hitz egiten denean, eta hiztegiak eta hizkuntza espezializatuagoa dituzten domeinuak egokitzea eskatzen dute (adibidez, fabrikazio industrialak, osasuna, energia, justizia eta abar).

• Ahotsaren sintesia

Azken urteetan, ahotsaren sintesirako arkitektura neuronalen aukera zabala ere garatu da, egungo ahots sintetikoaren kalitatea eta naturaltasuna nabarmen handituz. Tacotron bezalako sistema neuronal sortzaileak, espektrograma izeneko bitarteko irudikapenak sortzen dituztenak eta Griffin-Lim edo WaveNet bezalako vocoder-ak erabiltzen dituztenak errepresentazio horiek uhin forma bihurtzeko, estandarra bihurtu dira. Badira muturreko eta muturreko arkitekturak ere, hala nola DeepVoice edo FastSpeech, testuetatik zuzenean uhin-formak sortzeko aukera ematen dutenak.

Gainera, gaur egun posible da dauden ahots sintetikoak pertsonalizatzea, audio-grabazioak erabiliz norberaren ahotsak klonatzeko.

• Hizkuntza naturala ulertzea eta sortzea

Aurrez entrenatutako hizkuntza-ereduek eta transferentzia bidezko ikaskuntzak irauli egin dute hizkuntza naturalaren prozesamendua,

eta hizkuntzaren ulermenaren eta sorkuntza automatikoaren mugak zabaldu dituzte. Eredu horiek eskuragarri dauden testu-datuen kopuru handia ustiatzen dute (adibidez, Wikipediako irauliak, albiste-bilketak eta web arrastoak), baita Transformer motako arkitektura neuronalak ere, modu ez gainbegiratuan trebatzeko ereduak, gero hizkuntza prozesatzeko zeregin espezifikoetara egokitzen direnak, modu gainbegiratuan, idatzitako datu-multzo txikiagoekin. Hona hemen adibide ezagun batzuk: BART, GPT-3, GPT-4, PALM, BLOOM, Megatron Turing NLG edo Wu Dao 2.0.

Pertsona-makina interakzioaren esparruan, hizkuntza naturala ulertzeko funtsezko bi zeregin dira asmoak detektatzea eta erakundeak ezagutzea, erabiltzailearen helburua identifikatzea eta elkarrizketatik informazio garrantzitsuena ateratzea ahalbidetzen dutenak. Gainera, galdetutako sistemek erakutsi dute erabiltzaileen galderak hizkuntza naturaleko dokumentu-bildumetako erantzunekin erlazionatzeko gai direla. Aurrez entrenatutako eta zeregin horietara egokitutako

**Azken urteetan,
ahotsaren sintesirako
arkitektura neuronalen
aukera zabala ere
garatu da, egungo ahots
sintetikoaren kalitatea eta
naturaltasuna nabarmen
handituz.**

hizkuntza-ereduek emaitza onak lortzen dituzte aplikazio espezifikoak menderatzeko, baina oraindik urrun daude gizakiok hizkuntza ulertzeko dugun gaitasun orokor, malgu eta sendotik.

Hizkuntza naturala sortzeari dagokionez, testu-testu sistemak gai dira dauden testuak hartzeko, hala nola sarrera, eta automatikoki testu berri eta koherenteak sortzeko, hala nola, laburpenak automatikoki sortzeko, itzulpen automatikoa egiteko edo erabiltzaileekin hitz egiteko. Itzulpen automatikorako bereziki, Transformer arkitekturek gero eta emaitza zehatzagoak lortu dituzte, eta gero eta sentikorragoak giza hizkuntzaren sotiltasun eta anbiguitasunetik; izan ere, eremu urriko hizkuntzek ere, hala nola euskarak, kalitate handiko itzultzaile automatiko neuronalak dituzte dagoeneko. Elkarrizketari dagokionez, duela gutxi, aurrez entrenatutako hainbat hizkuntza-eredu egokitu egin dira erabiltzaileen elkarrizketa irekiei erantzunak emateko, eta sistema iraultzaileak sortu dira, hala nola LAMDA edo ChatGPT. Aurrerapen nabarmena izan den arren, oraindik ere konpontzeko erronkak daude, elkarrizketa-eredu horien erantzunak oraindik ez baitira gai elkarrizketa-txanda askotan koherentziari

eusteko, erantzun enpatikoak itzultzeko edo hizkuntza figuratua ondo ulertzeko, besteak beste.

Aldi berean, eztabaida dago komunitate zientifikoan, entrenatu aurreko hizkuntza-eredu gero eta handien tamainari dagokionez. Aritu askoren iritziz, azken belaunaldiko emaitzak lortzea, datu gehiago eta zenbatzeko ahalmen gehiago erabiliz, ez da ikerketa-albiste bat, eta, gainera, haien eskalatzeko baliabide konputazional handiak eskatzen ditu, energia-kontsumoa handitzen dutenak, ingurumenari kalte eginez. Esparru horretan egindako aurrerapenak ereduak arintzeko modu burutsuak aurkitzea lehenetsi beharko lukete, errendimendu handiari uko egin gabe. Azkenik, azpimarratu behar da hizkuntza askok baliabide digital gutxi dituztela eredu horiek garatzeko ingelesarekin alderatuta, eta, beraz, errendimendu txikiagoak dituzte. Datozen urteetan erronka hori arintzeko teknologia garatzea espero da.

• Zentzumen anitzeko elkarrekintza

Interakzio multisentsoriala XR errealtate hedatuaren kontzeptuaren elementu zentrala da, bideoaren irudikapen bolumetrikotik eta audio espazialek haratago doana, eta beste zentzu batzuen bidezko interakzioa hartzen duena kontuan, hala nola ukimenarena

(haptikoa), usainarena edo zapoarena. Internet elektronikoaren kontzeptua 2014an sartu zen, eta gaur egun ere garatzen ari da.

Gaur egun, ikusmenari eta soinuari gehien laguntzen dion zentzua haptikoa da; izan ere, hainbat domeinutarako aberastutako elkarrekintza baterako hardwarea eta softwarea barne hartzen dituzten soluzioak daude. Hala ere, teknologiaren fideltasunak eta kalitateak erronka handia izaten jarraitzen dute, eta hardwarean eta garapen jabetun kitetan oinarritzen dira.

Erabiltzaile-interfazeek informazio-kopuru handiak eman behar dituzte hainbat iturritatik, eta horiek koordinatu eta sinkronizatu egin behar dira.

• **Esperientzia interaktibo murgiltzaileen orkestrazioa**

Erabiltzaile-interfazeek informazio-kopuru handiak eman behar dituzte hainbat iturritatik, eta horiek koordinatu eta sinkronizatu egin behar dira. Gainera, komunikazio-sare mota ugari eta lankidetzaz inguruneak sortzeko eskakizunak – non erabiltzaile askok aldi berean kolaboratzen duten – erronka handiak ezartzen dituzte datu-fluxuen kudeaketan eta orkestrazioan.

Orkestrazioaren kontzeptua 1992an sortu zen multimedia-dukien hainbat fluxu koordinatzeko beharrez gisa, modu koherentean aurkeztu ahal izateko. Objektuetan oinarritutako multimedia-sistemen edo objektu-object-based mediaren kontzeptuaren etorrerarekin, hura irudikatzen datu-iturri ugari sinkronizatzeko erronkan hasi zena, komunikazio-sarearen optimizazioaren bidez irudikapena egokitzea eta gauzatzera hedatu da.

Sareen birtualizazioarako joera erronka teknologiko nagusietako bat da interfazeen zerbitzuaren

kalitatea (QoS) eta esperientziaren kalitatea (QoE) ziurtatzeko aukera emango duten topologiari eta konfiguraziorik onenak diseinatzeko orduan.

Esperientzia interaktibo murgiltzaileen orkestrazioaren erronka nagusiak hauek dira:

1. Multimedia-objektuak sinkronizatzea. Erronka oso garrantzitsua da, webgunearen elkarreragingarritasuna gero eta irtenbide helduagoak ematen ari baita.
2. Esperientzia interaktibo murgiltzaileak egokitzea eta aurkeztea. Webguneak interfazeak CSS Media Queries erabiliz egokitzeke HTML5 tresnak eskaintzen dituen bezala, erronka bat da egokigarritasun hori gailu murgiltzaile berrietara zabaltzea (VR kasuak, AR betaurrekoak, edo gailu eta erabiltzaile ugari ingurunea, aldi berean elkarreraginean), informazioa modu eraginkorrean bistaratzeko.

3. Fluxu eraginkorrak sortzea. Banaketa eta multimedia-objektu guztiak sare heterogeneo baten bidez koordinatzeko, oso garrantzitsua da sareko arkitektura malgu, dinamiko eta moldagarri bat sortzeko erronka, eta zenbaketa prozesadoreetara (CPU eta GPU) banatu ahal izango da sare osoan.
4. Makina-makina interfazeek, datu-transmisio ertainak (irudiak, seinaleak, etab.), adibidez IA modeloek prozesatzeko, QoS-en antzeko eskakizunak dituzte, eta gaur egun erronka teknologiko argia izaten jarraitzen dute.

2.5.2 Euskal Autonomia Erkidegoko posizionamendua

EAEko industria-sareak IKT munduko enpresak ditu (Gaia klusterrak ordezkatuak), interakzio-teknologiekin lotutako hainbat alderditan gaitasunak dituztenak. Hizkuntzaren ikuspegitik, euskararekin lotutako jarduera indartsu bat dago Ixa Taldea edo Elhuyar bezalako eragileekin. Badira, halaber, errealitate birtualeko zerbitzuen garapenean kokapen ona duten enpresak, bai industriarako, bai hezkuntzarako. Horietan, gainera, DigiPen dago, Simulazio Interaktiboko Ingeniaritza Informatikoko Unibertsitate Gradua eskaintzen duena denbora errealean. Virtualware edo Innovae bezalako enpresak ere nabarmentzen dira.

Euskadiko jarduera-sektore nagusietako bat industria izanik, garrantzitsua da aipatzea euskal enpresak bat datozela 4.0 Industria kontzeptuarekin lotutako nazioarteko joerekin; izan ere, kontzeptu hori pixkanaka praktikan jartzen ari dira, hala nola, commissioning birtuala edo ingurune birtualen erabilera prestakuntza- eta mantentze-lanetarako, etab. Arlo honetan Ingemat edo Lander Simulation bezalako enpresak aipa ditzakegu.

BRTA, CEIT, IKERLAN, TECNALIA, TEKNIKER eta VICOMTECH zentroek I+G+Bn espezializatutako taldeak eta interakzio-teknologiekin lotutako irtenbideak dituzte.

1. BRTAko erakundeek hizkuntza naturalaren tratamenduari buruzko oinarritzko ikerketa-ekimenak bultzatzen dituzte, bereziki euskara bultzatzeko. Gainera, hizkuntzaren teknologiekin nahiz bestelako interakzio-moduekin (errealitate hedatua, bisual analytics, banaketa interaktiboa eta eduki digitaleko gailu anitzekoa, etab.) lotutako nazioko eta nazioarteko hainbat proiektutan parte hartzen

dute, eta horien artean nabarmentzen dira Rescuer, Arete, Simfal, etab. Ekimen/Proiektu Bereziak (Elkartek))

- ADAPT-IA: RIS3 industria-sektoreetara aplikatutako Hizkuntzaren Teknologien IA Egokitzailerantz
- IKASPROD - Ikaskuntzarako teknologia aurreratuak (IKASI), ekoizpen-ingurune adimendunetan egindako erakustaldien bidez

2. Europako proiektu esanguratsuak:

- Rescuer (first RESponder-Centered Support toolkit for operating in adverse and infrastructure-less EnviRonments). <https://rescuerproject.eu/>
- Infinity. INTERACT. IKERTU: <https://h2020-infinity.eu/>
- Arete Augmented Reality Interactive Educational System: <https://www.areteproject.eu/>
- Traction: Opera co-creation for a social transformation <https://www.traction-project.eu/resources/>
- SIMFAL (2017-2020). «Assembly Planning and SIMulation of an Aircraft Final Assembly Line (FAL)» (H2020-EU.3.4.5.1, GA 737881). Errealitate birtualean oinarritutako test-tresnak garatzea, aeronautikan mihizatze hainbat aukera planifikatzeko eta ebaluatzeko.
- ASSASSINN (2020-2022). «Development of a multifunctional cell for complex aerostucture ASSEMBLY, ASSIsted by Neural Network» (H2020 CleanSky, GA 886977). Aeronautikarako funtzio anitzeko mihizatze-zelula bat garatzea, sare neuronalen, robotika kolaboratiboaren eta errealitate areagotuaren eta mistoaren teknologien bidez.

3. Proiektu nazional esanguratsuak:

- Ukipen-ahalmena duten gainazalak dituzten injekzio-produktu berriak - Touchsensor (AEI - 2022)

2.5.3 Erronka teknologikoak/ I+G lehentasunak

Interakzio-teknologiaren erronka teknologiko nagusiak honela sailka daitezke:

- **Hizkuntzaren teknologiak**

Hizkuntzaren teknologiek etengabeko eboluzioan eta kalitatearen hobekuntzan jarraitzen dute. Ildo horretan, hizketa ezagutzeko sistemek mugak dituzte oraindik, batez ere bat-bateko hizketarekin eta ingurune zaratsuekin edo hondoko seinaleak (musika, etab.) bereiztea eskatzen duten inguruneekin. Sistema horien sendotasuna hobetzea erronka teknologiko bat da oraindik, eta kasu bakoitzaren ikuspegi espezifikoak (kanalaren modelizazioa, etab.) eta hurbilketa generalistak konbinatu behar dira, a priori hain kontrolatuak eta ezezagunak ez diren egoeretan transkripzio-ratioak hobetzeko gai izan daitezkeen. Bestalde, ahotsa laburtzeko sistemek kalitate handiko tinbreak eta prosodiak dituzte dagoeneko, eta hurrengo erronka nagusia audioa sortzeko erabiltzen ari diren sare neuronal sortzaileei adierazkortasun handiagoa ematea da. Era berean, hizkuntza-eredu handiek iraultza handia izan dute datu-kopuru handien, arkitektura neuronal berrien eta prozesatzeko eta zenbatzeko gaitasunean izandako aurrerapen handien konbinazioari esker.

Errealitate birtualeko teknologien kasuan, 3D errederizatzeko eta prozesatzeko gaitasunak, oro har, aukera ematen du interaktiboak izan daitezkeen kalitate handiko esperientzia birtualetarako sarbidea izateko.





Gainera, itzulpen-sistemek onura handia ateratzen diete Transformersen oinarritutako hurbilketa teknologiko berriei. Eredu horiek euskara bezalako hizkuntza gutxituetara egokitzeko, kalitatezko corpusa sortu behar da. Corpusaren erronka nagusia, hain zuzen ere, hedapen handiko beste hizkuntza batzuekin pareka daitezkeen ereduak dira. Nitxo-aplikazioetarako nahiz hizkuntza minoritarioetarako hizkuntza-eredu handien egokitzapen teknologikoa ere garrantzi handiko erronka da, bereziki ulermenari dagokionez.

Aurrerapen horiek gorabehera, ahots neuronalaren sintesi-sistemek oraindik huts egiten dute hizki solteekin, ortografia-akatsekin, zenbakiekin, esaldi luzeekin eta abarrekin, eta horrek, sarreraren arabera, funtsik gabeko kalitatera garamatza. Eta sortutako ahots gehienak monotonoak eta lauk izaten dira, adierazpen emozionalak eta hiztun anitzak biltzen dituen datu-multzo bat izan ezean. Ahotsen klonazioari dagokionez, hurrengo erronka lotutako iruzurrak detektatzeko gai diren sistemak eskaintzea da.

Bestalde, hizkuntza naturalaren sorkuntza izugarri hobetu da, duela gutxi erabiltzaileen elkarrizketa irekiei emandako erantzunen sorkuntza automatikoari arrakastaz aplikatuz. Zentzu horretan, egungo artearen egoeraren erronka nagusiak sistema horien erantzunaren fidagarritasuna hobetzea da.

• eXtended Reality teknologiak (XR)

Errealitate birtualeko teknologien kasuan, 3D errenderizatzeko eta prozesatzeko gaitasunak, oro har, aukera ematen du interaktiboak izan daitezkeen kalitate handiko esperientzia birtualetarako sarbidea izateko, hau da, denbora errealean erreakzionatzeko. Hala ere, ingurune horiek sortzeko kostuek oraindik ere muga handiak dituzte, modelatzeko eskuzko lanaren, atributuen definizioaren, simulazio fisikoen, propietate semantikoen eta objektuen interakzioaren kantitate handiak behar baitira, besteak beste.



XRren erronka nagusiak honela laburbil daitezke:

1. Hardwarea: XR teknologiekien erronka handienetako bat hardware espezializatuaren beharra da, hala nola VR kaskoak eta errealitate areagotuko betaurrekoak (AR edo Augmented Reality). Gailu horiek garestiak eta handiak izan daitezke, eta ergonomia-arazoak, zorabio-sentsazioa eta abar sor ditzakete.
2. Erabiltzaile-esperientzia: XR teknologiekien beste erronka bat da erabiltzaile-esperientzia arin eta intuitibo bat sortzea. Teknologia horiek nahiko berriak dira oraindik, eta zaila izan daiteke erabiltzen eta ulertzen errazak diren sistemak diseinatzea. Gaur egun, ez dirudi bideragarria langile batek 8 orduko lanaldia egin ahal izatea VR or AR headset bat erabiliz.
3. Edukia sortzea: XR teknologietarako kalitate handiko edukia sortzea erronka izan daiteke, batez ere mundu errearen eta birtualaren arteko fusioarekin zerikusia duten alderdietan; izan ere, horrek elementu birtualak sartuko diren eszena erreala zehatz-mehatz ulertzea eskatzen du.
4. Latentzia: Latentzia, edo erabiltzailearen ekintzaren eta sistemaren erantzunaren arteko atzerapena, erronka handia da XR teknologietan. Hala ere, VR edo AR headsetek zenbaketa gaitasun mugatua dute, eta, beraz, beharrezkoa da gailu beraren eta sareko elementuen (edge, MEC, Cloud) arteko konputazio hibridoa. Beraz, beheko latentziak lortzea funtsezkoa da XR esperientzia sendoa mantentzeko.

Digitalizazioa, kasu askotan, segurtasuna kontuan hartu gabe hartu da, eta, hain zuzen ere, horregatik jasan dituzte enpresa askok duela pare bat hamarkada pentsaezinak ziren eraso eta estortsioak.

5. Elkarreragingarritasuna: XR teknologiak oraindik garatzen ari dira eta oraindik ez dago hainbat plataforma eta gailutan edukia sortzeko eta partekatzeko ikuspegi estandarizaturik. Oro har, XR esperientzia bat hardware jakin baterako garatzen eta sortzen da: gailu mugikorrek, VR kasu bat, AR betaurreko batzuk. Esperientzia bat definitzeko elkarreragingarritasuna, eta esperientzia hori edozein erabiltzaile-testuingurutara egokitzea, oraindik ere teknologiak erraz konpontzen ez duen zerbait da. Gainera, WebXR edo OpenXR bezalako elkarreragingarritasuna sustatzeko ekimenak eta Web estandarrak dauden arren, gaur egun ezagunak dira garapen ingurune jabeak, hala nola Unreal edo Unity.

2.6 Zibersegurtasuna

2.6.1 Sarrera

Digitalizazioa gaur egungo fenomeno globalenetako bat da. Sektore ekonomiko guztiak digitalizatzen ari dira, salbuespenik gabe. Manufaktura-industria, energia edo osasuna bezalako sektore estrategikoei nabarmen hobetu dituzte prozesuak eta emaitzak azken urteotan, digitalizazioari esker. Beraz, 4.0 Industria bezalako mugimenduek edo sare elektriko adimendunaren hedapenak industria askoz optimizatuago eta iraunkorrago bat sortzea ahalbidetu dute.

Elkarreragingarritasuna, daturako sarbidea eta automatizazioa digitalizazioaren ondorio zuzenak dira, eta joera aldaketa argia eragin dute sektore askotan. Hala ere, digitalizazioa, kasu askotan, segurtasuna kontuan hartu gabe hartu da, eta, hain zuzen ere, horregatik jasan dituzte enpresa

askok duela pare bat hamarkada pentsaezinak ziren eraso eta estortsioak.

Digitalizazioak hornidura-kate osoaren erantzukizun globala dakar. Egungo sektore ekonomiko nagusietan dagoen digitalizazio-eta interdependentzia-mailak konpromiso eta ekintza globalak eskatzen ditu, sistema digitalen segurtasuna koordinatzeko eta behar bezala kudeatzeko.

Horregatik, zibersegurtasuna gero eta kritikoa da negozioen jarraitutasuna bermatzeko, baina baita gure ingurunearen iraunkortasun ekonomikoa eta ingurumenekoa bermatzeko ere. Gure azpiegiturak eta gure ehuneko enpresek eskaintzen dituzten produktu eta zerbitzuak babesteko neurri egokirik gabe, gure jasangarritasuna arriskuan egongo da, eta gure enpresa-ehunak etengabeko erasoak jasango ditu, kasu batzuetan ondorio ekonomiko eta ingurumenekoak izango dituztenak.

2.6.2 uskadiren posizionamendua

Euskadik historia luzea du zibersegurtasunaren arloan, jatorria hemen izan zuten PANDA eta S212SEC enpresa enblematikoei. Orduz gerotik, esparru horrek hazten jarraitu du, ORBIK bezalako enpresa eta startup berriei eta erakundeen laguntza garrantzitsuarekin. Horren ondorioz, WATCHGUARD bezalako nazioarteko enpresek erabaki dute 2023an zibersegurtasuneko I+G zentroetako bat Euskal Autonomia Erkidegora ekartzea. Esan daiteke Euskadik Zibersegurtasun Industrialaren hub garrantzitsu bat bihurtu nahi duela nazioartean, Cyberzaintzak erakunde publiko gisa, Cybasquek ekimen pribatuaren parte gisa eta Zientzia, Teknologia eta Berrikuntzaren Euskal Sareak Zibersegurtasun Industrialean I+G+b eginez.

Cyberzaintza, Zibersegurtasunaren Euskal Agentzia, erakunde publiko bat da, Euskadin Interneten erabilerak eta teknologia berriek eragindako mehatxuei modu integral eta transbertsalean aurre egiteko sortua. Helburua da Euskadi Europa digital baten barruan zibersegurtasun arloko erreferente gisa kokatzea, beste ekonomia batzuekiko mendekotasun teknologikoa hausten laguntzea eta hurrengo belaunaldien STEAM prestakuntza sustatzea, euskal sektore digitalean belaunaldien arteko erreleboa bermatzeko.

CYBASQUE

54

Bestalde, CYBASQUE Zibersegurtasunaren Euskal Klusterra da, eta elkarte pribatu eta independente bat ordezkaten du. Zibersegurtasun industriaren sustapen tekniko, komertzial eta ekonomikoa du helburu, eta horrek Euskal Autonomia Erkidegoaren garapenean eta aurrerapenean laguntzen du. CYBASQUE erakunde homologatua da ECSOk sustatutako Cybersecurity Made in Europe ziurtagiria emateko. Zientzia, Teknologia eta Berrikuntzaren Euskal Sareko kide gisa, BCAM, IKERLAN, TECNALIA eta VICOMTECH dira Cyberzaintzako Batzorde Iraunkorreko kide diren zentro teknologikoak.

BRTAko kideen artean, zibersegurtasun arloko proiektu adierazgarrietako batzuk hauek dira:

- **SPARTA** (Strategic programs for advanced research and technology in Europe), Horizon 2020 2019-2022, zibersegurtasuneko bikaintasun-zentroen Europako sarea, agenda estrategikoa, gaitasun teknologikoak eta zibersegurtasuneko Europako I+Gren erakustaldiak garatzeko
- **SEKUTEK** (Sekurtasun Teknologiak), Elkartek 2017- 2018, ZTBESn zibersegurtasun industrialaren arloko ikerketa-jarduera koordinatzen hasteko aukera ematen duena, EIKTen (Elektronikaren, Informazioaren eta Komunikazioaren Teknologiak) katea babesteko teknologietara bideratuta, sentsoretik hodeiraino.
- **CYBERPREST** (Cybersegurtasunerako gaitasun osoa), Elkartek 2018-2019, fokua zabaltzen duena, zibersegurtasun integraleko esparru bat lortzeko beharrezkoak diren jarduera guztietan ezagutza sortzea bultzatuz.
- **SENDAI** (SEgurtasun integrala iNDustria AdImentsurako), Elkartek 2019-2020, Euskal Industriak zibererasoen aurrean duen erresiliencia hobetzea du ardatz.



CYBASQUEren misioa da zibersegurtasuna sustatzea lurraldeko eremu pribatu guztietan, beste sektore batzuekiko lankidetzaz eta produktu/zerbitzu, teknologia eta merkatu berrien garapena bultzatuz.

55

- **TRUSTIND** (Creating Trust in the Industrial Digital Transformation), Elkartek 2020-2021, Segurtasuna eta Pribatasuna diseinutik eta lehenetsita, hornidura-katean zehar modu ebaluagarri eta egiaztagarrian indartzea ahalbidetuko duten teknologietan zentratuta.
 - **REMEDY** (REal tiME control and embeddeD securitY), Elkartek 2021-2022, zibersegurtasunaren ikuspegitik ekipo industrialen kudeaketa ahalbidetuko duten tresnak sortzean zentratuta.
 - **TITANIUM** Tools for the Investigation of Transactions in Underground Markets. Transakzio-erresinetan legez kontrako jarduerak ikertzeko eta arintzeko metodoak eta soluzioak.
 - **ATLANTIS**: Improved resilience of Critical Infrastuctures Against Large scale transNational and systemic risks. Intentziozko gorabehera eta erasoen aurrean azpiegitura kritikoak babesteko eta erresilizatzeko Europako gonbidapen- eta garapen-proiektua.
 - **BEACON** (Cybersecure Industrial Computing Continuum), Elkartek 2023-2024, zibersegurtasun industrialaren esparruan zentratzen dena, Secure Computing Continuum aplikatuz.
- BRTAK parte hartzen duen zibersegurtasuneko Europako beste proiektu batzuk: MEDINA, ASGARD, NOTIONES, AI4CYBER, DYNABIC, KINAITICS, IDUNN.
- BRTAK parte hartzen duen zibersegurtasuneko beste proiektu nazional batzuk: SLISE, SEGRES, NCIS, EGIDA.

**Babestu beharreko
teknologia
berriak sartzeak
zibersegurtasun
arloko erronka berriak
dakartza etengabe, eta
etengabeko inbertsioa
eskatzen du.**

PASSWORD

2.6.3 Erronka teknologikoak/

I+G lehentasunak

Zibersegurtasuna etengabeko bilakaeran dagoen diziplina bat da, industria gure industriaren produktuak, zerbitzuak eta azpiegiturak babesteko taktikak, teknikak eta prozedurak txertatzen saiatzen den iraupen-lasterketa bat. Hala ere, eraso metodoen etengabeko bilakaerak eta babestu beharreko teknologia berrien sartzeak zibersegurtasun erronka berriak dakartza etengabe, eta etengabeko inbertsioa eskatzen dute. Jarraian, zibersegurtasun arloko erronka nagusiak eta datozen urteetarako I+Gko lehentasunak nabarmenduko ditugu.

1. IoT/Edge/Cloud segurtasuna («Secure Computing Continuum»)

Gaur egungo sistema digitalak IoT, Edge, Cloud eta Datu-espazioen artean banatuta daude ekosistema konplexuetan, eta horietan segurtasunez eta pribatutasunez hornitu behar da maila guztietan eta horien bizi-ziklo osoan.

IoT teknologien ezarpenarekin batera, zibersegurtasun arloko hainbat erronka daude. Hori bereziki kritikoa da sistema industrialetan (IIoT), gailu medikoetan (robotak, inplanteak) edo ibilgailuetan. Adibide hauetako edozeinetan erraza da erasotzaile batek izan dezakeen inpaktu sozial eta ekonomikoaz ohartaraztea. IoT gailuak, **kasu askotan, babes- eta monitorizazio-neurriak kontuan hartu gabe diseinatuta daude**, bereziki industria-ekipo legatuak, urte askoan gure industrian eta energia-sisteman lanean jarraituko dutenak. Beste kasu batzuetan, babes-neurriak eduki arren, ez dira nahikoak edo ezin dira erabat aktibatu, azpiegiturako beste ekipamendu batzuekin bateraezinak izan daitezkeelako. Hori dela eta, sistema horiek **monitorizazio-teknika berriak** beharko dituzte, Adimen Artifizialaren erabilerari esker edozein anomalia eta intrusio detektatuko dutenak, baita **azpiegitura babesteko neurriak aplikatuz jardungo dutenak ere, SOAR** filosofiari jarraiki.

5Gren etorrerak eta Edgeko konputazioak erronka berriak dituzte zibersegurtasunari dagokionez, eta datozen urteetan horiei heldu beharko zaie Edge computing delakoa eta 5Gren etorrerak bere ezaugarriak esker posible egingo dituen erabilera kasu ugariak behar bezala babesteko.

Azkenik, **ekipamendu industrialia birtualizatzeko** joera gero eta handiagoa denez, ekipamendu birtual horiek babesteko teknika berriak beharko dira, bai eta horien portaera gainbegiratu eta kontrolatu ere, ekipo birtual horiek gailu berean birtualizatutako beste sistema batzuk oztopatuko ez dituztela ziurtatuz.

2. Informazioaren segurtasuna

Datuaren balioa gero eta handiagoa da, bai industria- eta enpresa-mailan, bai maila pertsonalean, eta are handiagoa Adimen Artifizialaren gorakadarekin, zeinaren motor nagusia datuak baitira. Ezinezkoa da Adimen Artifizialeko ereduak entrenatzea dataset ona izan gabe, baina AAKo adituek ez dute eskura AAKo teknikekin haratago joan ahal izateko edo sistemak hobetzen jarraitu ahal izateko behar den datu multzoa. Hain zuzen ere, IDSA, Gaia-X eta antzeko ekimenek datuen elkartruke segurua eta datuaren ekonomia gaitu nahi dituzte, gaur egun dauden oztopoak hausteko. Hala ere, **datuaren trukea eta subiranotasuna gauzatzeko**, ahalegin handia egin beharko da datozen urteetan, bai erreferentziazko arkitekturei dagokienez, bai konputazio segururako kriptografia aurreratuari, gobernantzari eta datua kudeatzeko politikei dagokienez, besteak beste.

Nabarmendu behar da Adimen Artifizialeko ereduak entrenatzeko erabiltzen diren **datuen pozoitze-erasoak saihesteko** teknikak eta prozedurak garatu behar direla, gaizki etiketatutako datuen bidez edo datu nahasgarriak sortuz, modeloan atzeko ate itxurako dispareak gisa ere erabil daitezkeenak.

Pertsonekin lotutako datu sentikorren kasuan (adibidez, datu soziosanitarioak), **konfiantzarik gabeko irtenbide berriak ikertu behar dira**, datu sentikorrek eskuratu eta prozesatzeko. Kriptografia eta konputazio segurua dira premia horren erantzun nagusietako bi.

3. SW eta HW seguruen garapena

Cyber Resilience Act bezalako ekimenek datozen urteetan sistema digitalek zibersegurtasunaren

arloan izan beharko duten bilakaerari buruzko jarraibideak ezartzen dituzte. Erregulazio mota horiek, IEC 62443 arauekin batera, **sistema eta produktu digitalen garapen ziklo osoan zibersegurtasuna sartzan lagunduko dute**. Horrela, erronka berriak sortzea espero da, eta ikerketak eta berrikuntzak aukera ematea zibersegurtasunaren arloko araudiak, estandarrak eta erregulazioak modu arinean betetzeko, horrelako aktiboak garatzeko eta mantentzeko kostua nabarmen handitu gabe.

HW segurtasun-teknologiaren erabilerari eta bilakaerari esker, produktueta zibersegurtasuneko HW teknologiak txertatu ahal izango dira, hala nola TPMak (Trusted Platform Module) edo TEEak (TEEak), eta, horrela, horien segurtasun- eta fidagarritasun-maila handiagoa eskainiko da. Hona hemen atal honetako erronka espezifiko batzuk:

- Ibilgailu konektatuen eta roboten segurtasuna: Nahiz eta askotan **ibilgailu autonomoak eta konektatuak**, bai eta robotika industrialia eta medikoa ere, IoT gailutzat hartzen diren, haien ezaugarriak eta protokolo partikularrek ekipamendu mota horretarako ikerketa espezifiko eskatuko dute, eta IoT sistemarako babes eta monitorizazio teknologia generalistetan egindako aurrerapenei etekina aterako diete.
- Gainera, arreta berezia jarri beharko zaie **hornidura-kateei**, teknika eta prozedura berriak garatuz, azken produktua edo sistema konprometitzen duten hornidura-katearen aurkako erasoak detektatzeko.

4. Pribatutasuna eta Nortasun Teknologia

Big Dataren eta Adimen Artifizialaren garapenak pribatutasunarekin lotutako aukera berriak eta erronka berriak eskaintzen ditu, baita testuinguru berri horietan modu egokian zaintzeko modua ere. Nola kudeatu pertsonen eta makinaren identitatea, pribatutasuna maila egokietan eta, aldi berean, horiei buruzko beharrezko analitika egitea ahalbidetuz, erronka izaten jarraitzen du; izan ere, enkriptazio homomorffikoa eta Secure Multiparty Computation bezalako teknologiek, besteak beste, erronka horiek konpon ditzakete, baina mundu errealeko eta industrialeko agertokietan aplikatzeko bidean aurrera egin behar da.

Gaur egungo sistema kriptografikoak kuantikarekiko erresistenteak diren sistema kriptografikoetara migratzea errazteko bidea dago.

5. Kriptografia poskuantikorako trantsizioa

Ordenagailu kuantikoak iristearekin batera, egungo kriptografia kolokan egon daiteke, eta horiei aurre egiteko gomendioak badaude ere, bidea egin behar da egungo sistema kriptografikoak kuantikoekiko erresistenteak diren sistema kriptografikoetara migratzea errazteko. Erronka hori konpontzeko etorkizun handiko teknologia batzuk hauek dira: erretikuluetan oinarritutako kriptografia, kodean oinarritutakoa, hash-ean oinarritutakoa, aldagai anitzeko ekuazio-sistemetan oinarritutakoa edo isogenietan oinarritutakoa.

3. atalean, teknologia kuantikoetan oinarritutako gako kriptografikoen truke segururako sortzen ari diren mekanismo berri batzuk eztabaidatzen dira, hala nola elkarlotura kuantikoa, ikerketa-fasean dagoena.



2.7 Softwarearen ingeniaria

2.7.1 Sarrera

Etorkizuneko softwarearen ingeniaria **pertsonen eta makinaren arteko elkarrizketa tekniko izango da**, zehaztapenen eta kodearen eskuzko prozesu iteratibo baten ordez. Domeinu-ingeniariari (aeronautika-ingeniariak, industria-ingeniariak, etab.), erabiltzaileen (pilotuak, langileak, etab.) eta software-ingeniariaren diziplina anitzeko taldeek elkarrekin diseinatuko dute hurrengo produktua/sistema (aireontzia, robotak, etab.). Horretarako, erakundeetan dagoen ezagutzan eta konponbidearen muga fisikoetan oinarritutako diseinu bideragarriak bihurtzen dituzten ideiak aurkeztuko dituzte. Diseinuak denbora errealean erakusten dira, eta diziplina anitzeko taldeak hainbat aukera alderatzen ditu denbora errealeko simulazioak erabiliz, kostua, gaitasunak, segurtasuna eta denbora hobekien kulunkatzen dituen aukeran oinarrituta.

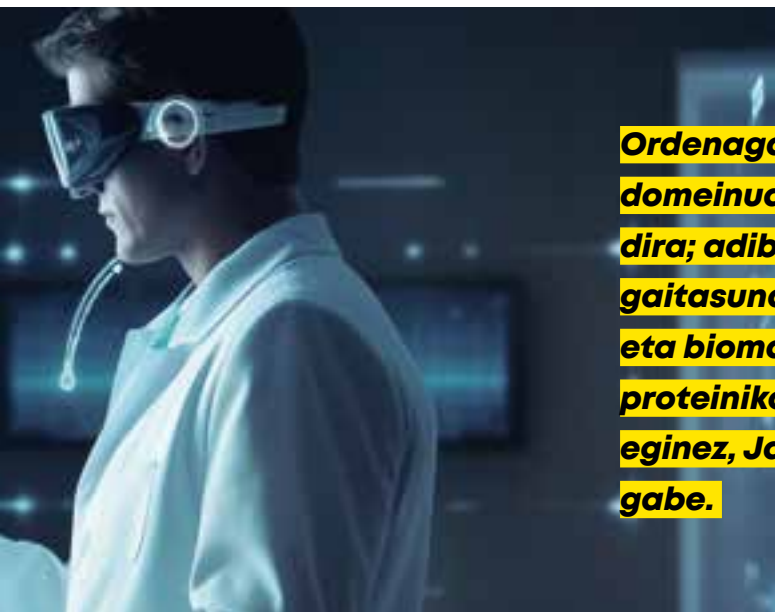
Etorkizuneko softwarearen garapena gaitasunen adierazpen bihurtuko da, algoritmoen programazio edo antolamenduaren ordez. Software-ingeniariak aditu bihurtu beharko dira asmoak adierazten, ordenagailuek esperientziatik ikasteko aukera izan dezaten. Software dotorea ez da jada ondo inplementatutako programazio bati buruzkoa izango, baizik eta pertsonen sistema automatizatuekin eta Adimen Artifizialeko sistemekin lan egitearen emaitza izango da, ekipoek modurik egokienean, eskuragarrienean,

etikoan eta seguruean imajina ditzaketen ideiarik onenak inplementatzeko.

Ordenagailuekiko elkarrizketak domeinuaren hizkuntzan egingo dira; adibidez, medikuekin software gaitasunak garatuz sekuentziazioaz eta biomarkatzaile genetiko, proteiniko edo metabolikoez hitz eginez, Java, Python edo C #ikasi gabe.

Simulazioa erabiltzeko egungo egiaztapen- eta balidazio-prozesu osoa esperientzia murgiltzaile bihurtzeko, sistema konplexu baten konfigurazio berri bat edozein ikuspuntutatik ikus dadin, eta ez soilik ikusmen-maila batetik, ingeniariari berehala aldaketak egiteko eta ingurune espazialean duten eragina aztertzeke aukera emanez, eskura dauden datu eta metadatu guztiak.

Azkenik, **kalitate-estandarrek betetzea bermatuta egongo da diseinutik bertatik**, ingeniari adituak inplementatzen dituzten baina diseinuaren alderdi horietaz kezkatu beharrik ez duten programatzaileentzat ezkutuan dauden softwarearen garapen-esparru sofistikatuen zati gisa. Ez da beharrezkoa izango gero eta konplexuagoak diren sistemetan izandako aldaketek eragindako domino efektuak ulertzea. Inplementatu aurretik identifikatu eta zuzenduko dira arazoak. Proposatutako aldaketek sistema hausten ez dutela ziurtatzea automatikoki egingo da, aldaketa batek assurancean eta sistema baten bilakaeran izan ditzakeen ondorioak aztertuz.



Ordenagailuekiko elkarrizketak domeinuaren hizkuntzan egingo dira; adibidez, medikuekin software gaitasunak garatuz sekuentziazioaz eta biomarkatzaile genetiko, proteiniko edo metabolikoez hitz eginez, Java, Python edo C #ikasi gabe.

2.7.2 Euskadiren posizionamendua

Euskal Autonomia Erkidegoan balio, produktu eta zerbitzuen proposamena softwarearen ingeniartzara bideratuta duten enpresen industria-sare bat dago, GAIA klusterrean taldekatua, Ezagutza Industrien eta Teknologia Aplikatuaren Elkarteak.

Era berean, BRTAko zentro batzuek puntako ikerketa-proiektuetan parte hartzen dute, Adimen Artifizialeko sistemen software-ingeniaritzari, AAren eta beste teknologia digital batzuen aplikazioari, softwarearen garapenari eta kalitatea etengabe bermatzeari dagokienez. Hona hemen arlo honetako proiekturik adierazgarrienetako batzuk:

- **ULTIMATE** (mUlti-Level Trustworthiness to Improve the Adoption of hybrid artificial intelligence), Horizon Europe 2022-2025.
- **TRUSTIND** (Creating Trust in the Industrial Digital Transformation), Elkartek 2020-2022.
- **SIIRSE** (5.0 industriarako sistema industrial adimendun, sendo, seguru eta etikoak: espezifikazio, diseinu, ebaluazio eta monitorizazioko paradigma aurreratuak), Elkartek 2022-2023.
- **SOLSTICIA** (Software Sistema Ziberseguru eta Adimendunen Eraikuntza, IA oinarritutako Diseinutik abiatuta), CDTI 2021-2024 Misiok.
- **PARAVASIS** (etorkizuneko industria-sistemen diseinu pertsonalizatuaren eta aurreratuaren paradigma berria), CDTI 2022-2025 misioak.



Era berean, BRTako zentro batzuek puntako ikerketa-proiektuetan parte hartzen dute, Adimen Artifizialeko sistemen software-ingeniaritzari, AAre eta beste teknologia digital batzuen aplikazioari, softwarearen garapenari eta kalitatea etengabe bermatzeari dagokienez.



2.7.3 rronka teknologikoak/

I+G lehenetasunak

Hauek dira datozen urteetarako ikerketaren arlo teknologikoak:

1. Adimen Artifizialeko Ingeniaritza

IA osagaiak (ez deterministikoak) eta IA ez diren osagaiak (deterministikoak) dituzten software-sistemek IArik ez dutenen ezaugarri desberdinak dituzte. Ikerketa-arlo honetan, software-ingeniaritzako zer praktika dauden aztertzen da, AAre sistemen garapena modu fidagarrian babes dezaketenak, bai eta software-ingeniaritzako teknikak identifikatu eta areagotu ere, AAre osagaiak dituzten sistemak zehaztu, diseinatu, arkitektura, aztertu, inplementatu eta mantentzeko. IAren ingeniaritzaren barruan, sendotasuna eta segurtasuna, eskalagarritasuna eta gizakietan oinarritutako diseinu etikoa erronka teknologiko horri aurre egiteko lan-ildo espezifikoak dira.

Hauek dira Adimen Artifizialeko Ingeniaritzaren barruko ikerketa-ildo espezifiko batzuk:

- IA sistemen kalitate-atributuak eta arkitekturak, hala nola **azalgarritasuna**, datuaren **zentraltasuna**, **egiaztagarritasuna**, **monitorizazioa** eta **hutsegitearekiko tolerantzia**, zeharkako alderdi etikoez gain.
- Mendekotasun gurutzatuen bidez ML sistemetan gertatzen den aldaketa aztertzeko eta kudeatzeko teknikak, kodearen zati batzuetan gertatzen diren aldaketen aurrean jarraitzeko zailak direnak.
- IA sistemen probak, hedapena eta mantentze-lanak. Datuen zientzia, softwarearen ingeniaritza eta eragiketak IA sistemen garapenean eta hedapenean kontuan hartu beharreko ikuspegi desberdinak dira. Automatizazioa hobetzea inkongruentziak, MLOps fluxuak eta IA osagaietarako testing teknikak identifikatzeko beharrezkoak dira.

2. Software Garapenerako Adimen Artifiziala

Adimen Artifiziala zeharkako teknologia bat da, hainbat sektoretako* negozio-prozesuetan (logistika, energia, finantzak, etab.) lehia-abantailak lortzeko erabiltzen dena, bai erabakia optimizatzeko, bai hobetzeko. **Softwarea garatzeko prozesua** fabrikazio-prozesu bat da, eta AAK paper diferentziala joka dezake **software seguruagoa eta/edo kostu txikiagoarekin eraikitzeko**. Ikerketa-arlo honetan IA teknikak (NLP, ML, DL, etab.) aplikatzen dira bizi-zikloaren hainbat fasetan, eskakizunetatik hasi eta mantentze-lanetaraino eta eragiketetaraino.

Hauetako softwarearen garapenerako AAre barruko ikerketa-ildo espezifiko batzuk:

- Eskakizunen azterketa automatikoa eta araudiekin eta erregulazioekin duten lotura.
- Kodearen sorrera automatikoa, sistema konplexuen diseinuetatik abiatuta.
- Kodearen konponketa automatikoa eta kodetze-iradokizun seguruak garatzaileentzat.
- Proben kasuak automatikoki sortzea.
- Proiektuak historikoetan oinarrituta zenbatestea.

3. Kalitatea etengabe bermatzea

Software-sistemak **etengabe ari dira eboluzionatzen, eta, horren ondorioz, etengabe ziurtatu behar da softwarearen kalitatea**, segurtasuna barne, kodean gertatzen diren aldaketen aurrean, bai hobekuntzengatik, bai akatsak zuzentzeagatik; are gehiago sistema horiek nazioarteko ziurtapen-araudien edo -eskemen aurrean ziurtatu behar direnean eta edozein aldaketaren aurrean ziurtapenaren kostua handia denean.



Software-sistemak etengabe ari dira eboluzionatzen, eta, ondorioz, etengabe ziurtatu behar da softwarearen kalitatea, segurtasuna barne, kodean gertatzen diren aldaketen aurrean, bai hobekuntzengatik, bai akatsak zuzentzeagatik.



Kalitatea etengabe bermatzeko ikerketa-ildo espezifiko batzuk honako hauek dira:

- Egiaztapenen, simulazioen eta abarren ondoriozko bizi-zikloaren ebidentziak aztertzea eta konbinatzea, eskakizunak betetzeko eta sistemaren kalitatea ziurtatzeko.
- Assurancean aldaketak automatikoki detektatzea, sisteman akats edo ahultasun berriak eragiten dituen aldaketaren bat gertatu bada.
- Sisteman aldaketak egiteko gomendioak, sistema martxan dagoenean jasotako datuetan oinarrituta.

4. Software kuantikoaren ingeniariatza

Software kuantikoa, beste edozein software mota bezala, planifikatu, diseinatu, inplementatu, estimatu, probatu, segurtasuna eta kalitatea ziurtatu, eboluzionatu eta mantendu behar da, besteak beste. Horrek esan nahi du software kuantikoaren ingeniariatza diziplina berri gisa garatu behar dela, bai maila akademikoan bai industrialean, software kuantikoaren bizi-ziklo berrian zehar.

Konputazio-paradigma berri horrek software kuantikoa garatzeko software-ingeniaritzako prozesu, metodo, teknika, praktika eta printzipio berriak egokitzea eta sortzea dakar.

Software kuantikoaren ingeniartzaren barruko ikerketa-ildo espezifiko batzuk honako hauek dira:

- Software klasikoa software kuantikora automatikoki migratzea eta modernizatzea. Softwarearen alderantzizko berringeniaritza, abstrakzio eta modernizazio teknikak beharrezkoak izango dira software klasikotik software kuantikorako migrazioa automatizatzeke, kasu askotan informazio sistema hibridoak izanik.
- Software kuantikoaren probak. Software klasikoa deterministikoa da baldintza jakin batzuetan, eta software kuantikoa, berriz, ez. Egiaztatzeko eta baliozkotzeko metodo eta teknika berriak ikertu behar dira datozen urteetan.
- Software kuantikoaren programazioa. Programazio-paradigma berriak ikertu behar dira datozen urteetan.
- Software kuantikoa garatzeko metodologiak. Software klasikoa garatzeko metodologiak berrikusi egin behar dira, software kuantikoaren ezaugarrietara egokitzeke.

03

TEKNOLOGIA DISRUPTIBOAK

64

3.1 Teknologia kuantikoak _ 66

3.2. Espintronika _ 77







QUANT

66

Atal honek teknologia kuantikoak eta espintronika aztertzen ditu. Bi teknologia disruptibo horiek garapen-egoera hasiberrian daude oraindik, baina benetako iraultza teknologikoak eragin ditzakete.

3.1 Teknologia kuantikoak

3.1.1 Sarrera

Teknologia kuantikoak aplikazio eremu ugartan erabiltzen dira, eta horiek materiaren propietate kuantikoak ustiatzen dituzte partikularen mailan, hala nola gainjartzea eta elkarlotzea, teknologia klasikoaren aldean abantaila bereizgarriak lortzeko.

Teknologia kuantikoak industria globalaren balio-kateak iraultzera deituta daude. Teknologia horiek oinarri hartuta, egungo eta etorkizuneko erronkei aurre egiteko gai izango diren produktu eta zerbitzu asko garatuko dira, baliabide tradizionalekin konpontzen ezinezkoak edo oso zailak direnak, eta horiek goiz menderatzea



Gaur egun, hainbat teknologia erabiltzen dituzten ordenagailu kuantikoen hainbat fabrikatzaile daude mundu mailan, eta horietako asko hodeian sar daitezke oraindik ikerketaren esparruan dauden aplikazioetarako.

funtsezko lehiakortasun-elementua izan daiteke konpainientzat, baita eskualdeen etorkizuneko oparotasuna bermatzeko bidea ere. Horren ondorioz, sektorearen hazkundera gobernuek, enpresa handiek eta start-upek bultzatzen dute, finantzaketan eta inbertsioetan hamarnaka mila milioi euro baitaude.

Hauek dira erruz ikertzen eta inbertitzen ari diren aplikazio-eremu nagusiak:

• Konputazioa eta simulazio kuantikoa

Gaur egun, hainbat teknologia erabiltzen dituzten ordenagailu kuantikoen hainbat fabrikatzaile daude mundu mailan. Horietako asko hodeian sar daitezke oraindik ikerketaren esparruan dauden aplikazioetarako edo, asko jota, kontzeptu-probetarako: optimizazioa, simulazioa, makina-ikaskuntza Qbitak sortzeko egungo teknologiek (informazio kuantikoaren unitatea) muga argiak dituzte eskalagarritasunari (qbit-kopurua), dekoherentzia-denborari (ordenagailu kuantiko batek bere horretan funtziona dezakeen denbora) eta zaratari dagokienez, baina aurrerapenak abiadura bizian gertatzen dira. Ziurrenik, oraindik aurkitu gabe dago NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) izeneko aro honetako ordenagailu kuantikoen muga horiek gainditzea ahalbidetuko duen teknologia. Garrantzitsua da azpimarratzea konputazio kuantikoa ez datorrela konputazio klasikoa ordezkatzeko: arazo jakin batzuk ebazteko abantailak ditu eta, beraz, bai konputazio klasikoa bai kuantikoa elkarren osagarri izango dira. Horrela, bada, SW klasikoaren ingeniartzaren kontzeptuak kuantikara eramateaz gain, beste erronka batzuk ere badaude, sistema berean sekzio kuantiko eta klasikoak batera egotetik eta informazio-azpiegituren (Quantum DevOps, edo QDevOps) garapen eta hedapen zikloak integratu eta automatizatzen eratorzen direnak.

• Zibersegurtasuna eta komunikazio kuantikoak

Konputazio kuantikoa algoritmo kriptografikoetan oinarritutako zibersegurtasun sistemak mehatxatzen hasi den aldi berean, lotura kuantikoa bezalako fenomenoek gako kriptografikoak modu seguruan trukatzeko mekanismo berriak garatzea ahalbidetuko dute.

Alde batetik, arlo honetako ikerketak ordenagailu kuantiko baten erasoari erresistentea den zifratze-algoritmoen garapenean edo zifratze postkuantikoko algoritmoetan zentratzen ari dira. NISTk (National Institute of Standards and Technology) estandarizazio-prozesu bat du martxan, nazioarteko estandarizazioa helburu duten algoritmoen multzo bat hautatzeko, azken faseetan dagoena. Bestalde, aktiboki ari gara lanean komunikazio seguruetarako metodo berriak garatzeko, hala nola QKD (Quantum Key Distribution), eta Europako ekimen bat dago teknologia kuantikoen bidez segurtatutako komunikazio-azpiegitura bat sortzeko: EuroQCI

(European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI). Etorbizun urrunago batean, elkar lotzeak eta teleportazio kuantikoak aukera ematen dute etorkizuneko Internet berez segurua hedatzeko.

• **Sentsorika eta metrologia kuantikoa**

Partikula mailako prozesu kuantikoetan inplikaturako energiak ia infinitesimalak direnez, sentsorika kuantikoak aurrerapen nabarmenak ahalbidetzen ditu sentsore klasikoekiko sentikortasunari dagokionez. Sentsore kuantikoek neurketen zehaztasuna hobetu dezakete, eta aplikazioak gaitu industriaren, osasunaren eta diagnostikoaren sektorean, petrolioan eta gasean, defentsan, automobilgintzan, ingeniari-tza zibilean, eraikuntzan, espazioan eta telekomunikazioetan. Sentsorikan eta metrologian erabiltzen diren teknologia kuantikoak oso zabalak diren arren, eta seguru asko berriak sortzen jarraituko duten arren, teknologia kuantikoen aplikazio-eremu garatuena dela uste da, eta merkaturan inpaktu garrantzitsua sortzen lehena izango dela.

3.1.2 Euskal Autonomia Erkidegoko posizionamendua

Euskadi 2030 Zientzia, Teknologia eta Berrikuntza Planak teknologia digitalak edo birtualak (Adimen Artifiziala eta Big Data/Datuen Zientzia, Gauzen eta Teknologien Internet 5G, Zibersegurtasuna, Sistema Ziberfisikoak) eta teknologia fisikoak, biologikoak, kimikoak edo materialenak bereizten ditu. Azken horien barruan, esplizituki identifikatuta daude teknologia kuantikoak eta neutronikoak: erloju kuantikoak eta sinkronizazioa, metrologia optiko-kuantikoa, materialen eta molekulen simulazioa eta diseinua konputagailu kuantikoetan eta neutronikan.

Euskal Herriko Unibertsitateak EHU Quantum Center sortu du, kuantikako funtsezko ikerketa, ikertzaileen prestakuntza eta ezagutza gizarteari eta enpresei transferitzea biltzen dituen zentroa.



Bilbo Quantum Flagship sarearen hiru nodoetako bat da Estatuan, Madril eta Bartzelonarekin batera. Quantum Flagship Europako Batzordeak finantzaturako ikerketa-ekimen handienetako bat da, Europa aurrerapenaren abangoardian jartzeko.

Teknologia kuantikoek Euskadiko enpresen eta, oro har, ekonomiaren etorkizuneko lehiakortasunean izango duten garrantziaz jabetuta, administrazioak apustu sendoa egiten ari dira eta hainbat ekimen sortzen ari dira kuantikaren inguruan, ekosistema dinamizatu eta indartzeko:

Ekimen horien artean, honako hauek nabarmendu behar dira:

• **Industry Focused Quantum Ecosystem**

Bizkaiko Foru Aldundiak sortu du, teknologia kuantikoen arloan lurraldearen nazioarteko posizioa sendotzera eta ezagutzan eta etorkizuneko quantum garapenetan erreferentziazko polo bihurtzera bideratutako estrategiarekin. Bizkaiko Foru Aldundia IBM Quantum Network-ekin bat egin duen bigarren hub-a da Espainian, CSICen ondoren, eta bosgarrena Europar Batasunean. Ekimen horren barruan, Quantum Ecosystem-ek sarbide berezia ematen du lurraldeko unibertsitate guztiek IBMren hodeiko ordenagailu kuantikoekin ikertu eta esperimentatu ahal izan dezaten. Izan ere, EHUK oso zeregin garrantzitsua du dagoeneko lurraldeko ekosisteman, eta nazioarteko ospea du arlo horretan. Oinarritzeko ikerketan (puruak) eta ikerketa basiko-aplikatuen liderra den unibertsitateetako bat da. Munduko master kuantiko bakarrenetakoa ere badu, eta Estatuan lehena. Eta Europako hamar unibertsitateetako bat da OpenSuperQ partzuergoan, Europako FPA (Framework Partnership Agreement) ekimenean,

zehaztaperen irekiak dituen ordenagailu kuantiko bat lortzeko (open source eredua).

Euskal Herriko Unibertsitateak **EHU Quantum Center** sortu du, kuantikako funtsezko ikerketa, ikertzaileen prestakuntza eta ezagutza gizarteari eta enpresei transferitzea biltzen dituen zentroa. Zentroaren helburua da fenomeno eta sistema kuantikoak aurkitzea eta aztertzea; zientzia eta teknologia kuantikoari buruzko ezagutza zabaltzea; eta aplikazio teknologikoen garatzea. Ikerketa-, prestakuntza- eta transferentzia-interakzioaren bidez egiten du, tokiko zein nazioarteko proiektatzeko asmo argiarekin.

Ikur 2030 estrategia Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza Sailak 2021ean bikaintasuneko ikerketaren arloan abian jarritako ekimena da. Teknologia kuantikoak estrategia honetan apustu egiten den lau nitxo edo esparru estrategikoenetako bat dira, neurozientziekin, neutronikoarekin edo superkonputazioarekin eta Adimen Artifizialarekin batera.

Estrategia horren ildotik, Hezkuntza Departamentuak eta Gipuzkoako Foru Aldundiak lankidetzaren hitzarmen bat sinatu zuten joan den irailean, **Gipuzkoan Teknologia Kuantikoen Polo** baten garapena elkarrekin bultzatzeko. Bi erakundeek helburu bera dute: Gipuzkoa eta Euskadi erreferente izatea potentzial handiko eremu batean, gizartean eragin handia duten teknologia oso disruptiboak sortzea ahalbidetuko duen eremu batean, hain zuzen ere. Horren garapenaz hainbat sektorek baliatu ahal izango dute, batez ere datu ugari darabiltzatenean.

**Quantum Teknologia -
QUANTEKek teknologia
kuantikoen inguruko ezagutza-
oinarri bat garatzea izan du
helburu, Euskal Autonomia
Erkidegoko ekosistema
kuantiko baten propulstsatzaile
gisa.**

Ekimen/proiektu bereziak

Funtsezko ikerketako eta ikerketa aplikatuko proiektuak:

- **QUANTEK** 2021etik 2022ra bitartean izan da teknologia kuantikoei buruzko lehen proiektu fokalizatua. Elkartek programak finantzatuta, 2021ean, Quantum Teknologia - QUANTEKek teknologia kuantikoen inguruko ezagutza oinarri bat garatzea izan du helburu, Euskal Autonomia Erkidegoko ekosistema kuantiko baten propulstsatzaile gisa. Horretarako, lau lan ildo garatu ditu: konputazioa eta simulazio kuantikoa, software kuantikoaren ingeniari, segurtasuna eta komunikazio kuantikoak, eta ekosistema kuantikoa indartzeko erabilera kasuen mugaketa. 4 bazkide izan ditu: TECNALIA (koordinatzailea), I3B, UPV/EHU eta UNIV. DEUSTUKOA.
- Eusko Jaurlaritzaren ELKARTEK 2022 programak finantzatutako **QFirst** proiektuak hardware kuantikoa garatzen du, diamantean hutsik dagoen nitrogenoaren teknologian oinarritutako ultra bereizmeneko sentsoreetarako. Teknologia horren bidez, aurrekaririk gabeko errendimendua eta zehaztasuna lor



daitezke propietate fisikoak eta kimikoak detektatzeko, identifikatzeko eta trazabilitatea lortzeko, industria-komunikazio segurua izateko, metrologia egiteko edo inertzia-posizionamendua egiteko sistemetan erabiltzen diren gailuetarako. 5 bazkide ditu: TECNALIA (koordinatzailea), UPV/EHU, MATERIALS PHYSICS CENTER, TEKNIKER eta AVS NEXT.

- **BRTA-Q** proiektua Eusko Jaurlaritzaren ELKARTEK 2022 programak finantzatzen du, eta teknologia kuantikoen arloko BRTA zentron estrategia egituratu, antolatu, koordinatu eta zuzentzea du helburu. BRTA Quantum subjektu bat ere bada (lantaldea), eta BRTA ordezkatzen du quantum -komunitatean. BRTA-Qk koordinazio-osagai bat du: zabalkunde-, sentsibilizazio- eta komunikazio-ekintzak, sareak sortzea, koordinazio- edo laguntza-zerbitzuak,

elkarrekiko ikaskuntzako ariketak eta azterlanak, azpiegitura berriak diseinatzeko azterlanak barne. BRTAK koordinatuta, bazkide gisa parte hartzen dute TECNALIA, CIC NANOGUNE, VICOMTECH, TEKNIKER eta IKERLANek.

Laborategiak:

- . 2021ean, QKD laborategia instalatu zen TECNALIAN. Laborategi hau IDQuantique-ren komunikazio-ekipamenduan oinarrituta dago. QKD plataforma esperimental bat da maila guztietan, 70 km-rainoko zuntzeko eratzunekin, algoritmo kuantiko klasikoak optimizatzeko eta QKD algoritmo berriak garatzeko.
- . AZPITEK programaren barruan, Eusko Jaurlaritzak Q-eNVy sentsorika kuantikoko laborategiaren sorrera finantzatu du. Lankidetzeta-laborategi hau Nitrogeno Hutsaren Zentroen ingeniarietan ardatzuta dago, Euskal Autonomia Erkidegoan ezagutza nabarmena duen eremu bat baita, ZTBESko hainbat eragileren gainean banatua. Laborategi honek etorkizuneko garapen ekonomikorako eta gizartearen autodeterminazio digitalerako funtsezko elementu gisa deep tech deritzenetara hurbiltzeko beharrari erantzuten dio.

Euskal Autonomia Erkidegoak nazioarteko erreferente bihurtu nahi duen esparrua da sentsorika kuantikoa, ez bakarrik teknologiaren beraren aurrerapenari dagokionez, baizik eta tokiko balio-kate garatuenetan aplikazio aurreratuenak bultzatzeari dagokionez.

Beste batzuk:

- . Zientzia eta Berrikuntza Ministerioak ikerketa-programa bat zabaldu du PERTEren 17. osagaiko autonomia-erkidegoekiko plan osagarrien esparruan, Europar Batasunak (Next Generation EU) finantzatuta. Eskema horren arabera, Ministerioak eta Eusko Jaurlaritzak berariaz finantzatu dute Komunikazio Kuantikoa ekintza osagarria, 2022 eta 2024 bitartean Espainian segurtasun handiko komunikazio-azpiegitura bat sortzen laguntzeko, industria kuantikoa bultzatzeko eta industria sektore berri bat sustatzeko, digitalaren eta zibersegurtasunaren arloetan enpresa berriekin. Bigarren belaunaldiko teknologia kuantikoen barruko sektore estrategiko batera zuzentzen da, sistema kuantikoak banaka manipulatzeko gaitasunean oinarritzen dena, eta, horrela, Europar Batasuneko I+G+Bko ekimen handinahi handienetako batzuekin lerrotzen da, hala nola Quantum Flagship eta sare kuantiko paneuropar baten sorrera (EuroQCI). Ekintza horrek laguntza zuzena ekarri die TECNALIA eta DIPIC – DONOSTIA INTERNATIONAL PHYSICS CENTER erakundeei, eta honako hauek ere parte hartzen dute: I3B, UPV/EHU eta UNIV. DEUSTU.

71

3.1.3 rronka teknologikoak/ I+G lehentasunak

- . Hardware teknologia berriak garatzea, NISQ arotik Fault Tolerant Large Scale Quantum arora eboluzionatzen joateko. Gaur egun, hainbat oinarri teknologiko daude qbitak





Desarrollar nuevas tecnologías hardware que permitan ir evolucionando de la era NISQ a la era Fault Tolerant Large Scale Quantum.

garatzeko (supereroaleak, harrapatutako ioiak, optikoak, diamante-akatsak), eta horiek guztiek muga asko dituzte, qbit-kopuruaren eskalagarritasunari, zaratari eta deskoherezia-denborari dagokienez. Teknologia horien garapenean aurrera egiten jarraitu behar da (eta, bestalde, azkar eboluzionatzen dute), eta mekanismo berriak ikertu behar dira, eragozpen horiek minimizatzeko eta partikulekin elkarreragiteko.

Akatsak zuzentzeko algoritmoak hobetzea
NISQ aroaren mugek irauten duten bitartean, beharrezkoa da zarata kuantikoak eragindako erroreak zuzentzeko algoritmoak ezartzea. Algoritmo horiek ordenagailu kuantikoetan bertan inplementatuta daude, eta eskuragarri dauden qbit-en zati esanguratsu baten dedikazioa eskatzen dute; horrela, alde handia dago qbits fisikoen kopuruaren eta eskuragarri dauden qbit logikoen kopuruaren artean, hau da, benetan konputazio-eragiketarako erabil daitezkeen qbiten kopuruaren artean.

Beraz, erroreak zuzentzeko algoritmoen eraginkortasunean aurrera egitea qbit fisikoen kopurua handitzea da.

Algoritmo kuantiko berriak ikertzea, berariazko aplikazioetan abantaila kuantikoa ustiatuko dutenak. Gaur egun arte algoritmo kuantikoen kopuru mugatua garatu da. Arazo berriak konpontzen lagunduko duten algoritmoak garatu behar dira, baita beste algoritmo kuantiko batzuen prestazioak hobetuko dituzten algoritmoak ere. Horren adibide bat Shor algoritmoaren prestazioak nabarmen hobetzen dituen algoritmo bat argitaratu berri izana da. Algoritmo horrek, nazioarteko komunitate zientifikoak asko onartu ez arren, RSAren segurtasuna arriskuan jar lezake, espero baino askoz epe laburragoan.

• **Sistema hibridoer buruzko SWren bizi-ziklo osoa lantzeko tresnak garatzea.** Ordenagailu kuantikoak berez ez dira deterministak, eta, beraz, sistema beretan prozesamendu klasiko eta kuantikoa batera existitzeko beharra dago, ziurrenik denboran iraun dezakeena. Sistema hibrido horietara bideratutako SWko ingeniartzaren arloko erronka ugarien iturria da hori, arazoak zatitzetik eta zati klasikoaren eta kuantikoaren artean modu ezin hobean banatzetik hasi eta segurtasun-aplikazioetarako sistema hibridoak balioztatzeraino, nekez onar baitezakete emaitza ez-deterministatik.

• **QDevOps kontzeptua garatzea**
DevOps klasikoaren kontzeptuak kuantikora eramatea ez da agerikoa, batez ere NISQ arloaren mugengatik, sistemak, oro har, hibridoak izango direlako eta zati kuantikoa sarean hedatuta egongo delako, dauden teknologia kuantikoetako edozein erabiltzeko aukerarekin. DevOps eskemaren arabera, beharrezkoa da plataformaren ebaluazioa eta proba egitea programazioan zehar. Gainera, kalkulu luze bat egin aurretik, eskuragarri dauden konputazio kuantikoko instantzien gaur egungo erroreak eta egonkortasuna ebaluatzen dira, normalean hodeiaren bidez eskura daitezkeenak, instantziarik egokiena aukeratu aurretik. Horrek ziurtatzen du erabiltzen diren algoritmoetarako emaitzarik onenak ziurtatzen dituen plataforma kuantikoa erabiltzen dela.

• **Inspirazio kuantikoko algoritmoak hedatzea sistema txertatuen gainean**
Gero eta beharrezkoagoa da Edge-n algoritmo konplexuak inplementatzea, adibidez, hodeiko sarbide baten latentzia jasan ezingo luketen sistemak denbora errealean garatzeko. Baina gailu enbebatu horietan erabilgarri dauden baliabideek mugatu egin dezakete tokian-tokian egin daitezkeen eragiketen potentzia. Inspirazio kuantikoko algoritmoek eragiketen errendimendua hobetu dezakete, eta, horrela, hardware beraren gainean kalkulu-potentzia handiagoa izan daiteke, edo hardwarea sinplifikatu, kalkulu-potentzia bererako. Beharrezkoa da metodoak garatzea FPGA-n tentsio-sareak inplementatzeko, inspirazio kuantikoko algoritmo horiek modu eraginkorrean hedatu ahal izateko.

• **Simulazio kuantikoko sistemak**
Simulazio kuantikoa fenomeno fisiko jakin bat deskribatzen duten formulazio matematiko konplexuekiko (adibidez, ekuazio diferentzialen sistemak) hurbilketa numerikoei buruzkoa izan daiteke, edo baita beste sistema kuantiko

batzuen portaera erreplikatzeko duten sistema kuantikoei buruzkoa ere, adibidez, molekula berrien sintesi-prozesuak, ordenagailu klasikoetan simulatzeko garestiegiak direnak. Bi kasuetan, simulazio kuantikoa teknologia kuantikoen eremu berria da, baina inpaktu-potentzial handia du; beraz, ikertu egin behar da, aplikazio errealetik gertuago dauden estatueta eramateko.

• KOMUNIKAZIO KUANTIKOAK

• **QKDren egungo oztopoak gaintzea, adibidez, distantziari dagokionez.**

Nagusiki, QKD teknologiaren bi aldaera daude, aldagai diskretua dutenak (DV-QKD), fotoi indibidualen detektagailuak eta aldagai jarraituko QKD detektagailuak (CV-QKD) erabiltzean oinarritzen dena, eta detekzio koherentean oinarritzen dena. Distantzia askoz handiagoak lortu dituzten esperimenduak argitaratu badira ere, teknologia horiek ez dute uzten zuntz optikoen gainean 100Km baino askoz distantzia handiagoetan erabiltzen, deribatutako atenuazioen ondorioz fotoiek beren egoera kuantikoak galtzen baitituzte. Erabil daitezkeen gehieneko distantziaren muga horrek zaildu egiten du QKD erabiltzea irismen luzeko metropoli-sareetan (adibidez, hirien arteko loturetan), edo erabiltzaile askoren sarbide optikoko sare pasiboetan. Ikertzen jarraitu behar da QKD sistemen murrizketa horiek leuntzen dituzten sistemak garatzeko.

QKDrako teknologia fotoniko berrietan aurrera egitea

QKD teknologiak nahiko helduak daude, eta merkatuan hainbat fabrikatzaileen produktuak aurki daitezke, edozein DPZtan txerta daitezkeenak. Baina produktu garestiak dira, eta nekez justifika dezakete enpresetan erabiltzea, gobernu-organismoetatik edo informazio oso kritikoa darabilten korporazio handietatik harago. Kostuak merkatzeaz gain, QKD modu zabalean erabili ahal izateko, beharrezkoa da QKD makinak mundura eramateko aukera esploratzea ahalbidetuko duten gailuen garapenean aurrera egitea, komunikazio industrialak segurtatzeko, adibidez. Gaur egun liburu denda asko daude argazki txipetan integratzeko, baina askotan ez dira QKDK eskatzen dituen prestazioetara iristen. Adibidez, beharrezkoa da elkarri lotutako fotoi pareen sorreran ikertzen jarraitzea, zirkuitu integratu industrializagarrietan sartu ahal izan baino lehen.

Segurtasun-erronkak azpiegitura klasikoetara integratzearen barruan

Mekanika kuantikoaren abantailek gako kuantikoen sorreran eta trukean aplikatzen dute, baina behin gako horiek trukaturatu, Tiren zibersegurtasunaren erronka klasikoak aplikatzen dituzte. Eraso ohikoenetako bat etapa askotako erasoak dira, informazio oso kritikora bideratzen direnak. Eraso horiek, oro har, etapa asko inplikatu dituzte aldi luze batean. Ezkutuko gakoak ohiko helburua dira, askoz ere informazio kritikoa eskuratzea desblokeatu baitezakete. Kontraneurriak segurtasuna monitorizatzeko hainbat mekanismotan oinarritzen dira, eta horiek ere kontuan hartu beharko dira segurtasun kuantikoko gailuetarako.

QKDren kapilaritatea sare konplexuetara zabaltzea

QKD teknologiaren artearen egoerak bi nodoren arteko komunikazioa (gako seguruen trukea) ahalbidetzen du, puntuz puntu, batzuetan konfiantzazko bitartekariekin. Eragiketa normal bat egiteko, QKD truke hori hainbat nodoren artean egin beharko da, hala nola puntu anitzeko sare konplexu baten artean. QKD gailuak trinkotzeko ez ezik, konfigurazio eta topologia konplexuak dituzten sareen egitura kudeatzeko beharrezko mekanismoak garatzeko ere aurrera egin behar da.

Etokizuneko Internet kuantikoa garatzea

Mekanika kuantikoak aukera oso interesgarriak eskaintzen ditu, elkar lotzea eta teletransportazio kuantikoak bezalako fenomeno ustiapenean oinarrituta. Fenomeno horiei esker, berez seguruak diren komunikazio-sistemak garatu ahal izango lirateke; izan ere, informazioa leku batetik bestera transmititu ahal izango litzateke, eta informazio guztiak ez du nahitaez komunikazio-linea baten bidez bidaiatu beharko. Horrelako fenomenoek hainbat itxaropen sortu dituzte, eta, horren ondorioz, oso zabaldua dauden planteamendu okerrak egin dira, hala nola komunikazio kuantikoek informazioa berehala transmititzea ahalbidetzen dutela. Interpretazio faltsu horietatik haratago, aipatutako fenomeno kuantikoek berez seguruak diren komunikazioak garatzeko aukerak ematen dituzte, nahiz eta teknologia horiek ustiatzeko gai izatetik urrun dagoen oraindik.

Aurrerapenak QRNGen ezarpenean

QRNG, Quantum Number Random Generation, ausazko zenbakien sorgailu mota espezifiko bat da, prozesu fisiko kuantiko baten neurketan oinarritzen dena. QRNGen abantaila nagusia da fisika kuantikoaren ezaugarri oinarritzkoenak

bat baliatzen dutela: zehaztugabetasun kuantikoa. Horrek digitu aurreikusenak sortzeko erronkarako soluzio tekniko sendoena bihurtzen ditu. QNRG fabrikatzaile asko erabiltzen dira, adibidez, eskuragarri dagoen QKD ekipamendu komertzialean. Hala ere, teknologian aurrera egin behar da prestazioak hobetzeko tamainari, kostuari eta prestazioei dagokienez -adibidez, zenbaki aleatorioak sortzeko abiadura Gb/s hamarnaka dela. Era berean, gabezia bat dago QRNGei aplikatu beharreko estandarrei dagokienez.

• SENTSORIKA KUANTIKOA

Sentsoreetarako teknologia berriak garatzea, parametro berriekiko sentikorragoak. Partikula mailako fenomeno kuantikoetan inplikaturako energiak oso txikiak dira, eta, beraz, sentsore horiek behar bezala funtzionalizatuz gero, teknologia klasikoeikiko sentsibilitatea nabarmen areagotu behar da. Gaur egun, sentsore kuantikoak ezartzeko erabiltzen ari

diren teknologien multzo handi bat dago, baina oraindik beharrezkoa da teknologia-familia berrien garapena ikertzea. Adibidez, diamanteko kristaletako akatsen kasuan, aztertu beharreko eremu zabalak daude, zentroen banaketa espazialarekin eta nitrogenoaz bestelako ezpurutasunen erabilerarekin lotuta, gaur egun gehien erabiltzen dena baita.

• Oinarri kuantikotik txipera eboluzionatzea

Sentsore kuantikoetan, gasetan edo egoera solidoan detektatzeko funtzionamendua ezartzeko oinarri teknologikoak artisau-konfigurazioak ditu gaur egun, eta horrek nekez erreplika daitezke (antzeko ezaugarriekin) kostu lehiakorrean. Industrializazio- eta integrazio-prozesuak garatu behar dira. NV zentroetan oinarritutako sentsoreen kasuan, adibide esanguratsu bat diamanteko kristaletik txiperako bilakaera litzateke, osagai optikoak, fotodetektagailuak eta mikrohin-antenetarako interfazeak integratuz.

Beharrezkoa da makinena mundura QKD eramateko aukera aztertzea ahalbidetuko duten gailuen garapenean aurrera egitea, industria-komunikazioak segurtatzeko.





76

• **TRLan eta sentsoreen funtzionalizazioan aurrera egitea**

Sentsorika kuantikoa heldutasun-egoera aurreratuagoan dagoen teknologia kuantikoa da, baina eskura dauden sentsore praktikoak ere garatu egin behar dira aplikazio errealean erabiltzeko. Adibidez, diamante-akatsetan oinarritutako sentsoreen kasuan, sentsoreak irakurtzeko sistemak sofistikatuak dira, eta beharrezkoa da mikrouhin-iturrien eta beharrezko antenen, laser-iturrien eta fotoluminiszentzia-detektagailuen sinplifikazioan eta miniaturizazioan aurrera egitea.

• **Merkatuan eragina** izateko abantaila kuantikoa diferentzial garrantzitsua izan daitekeen aplikazio jakin batzuetara bereziki bideratutako **sentsore praktikoan garapenean aurrera egitea**, hala nola nabigazio inertziala, grabitometroak, doitasun handiko erloju atomikoak, gaixotasun jakin batzuen diagnostika eta metrologia.

3.2. Espintronika

3.2.1 Sarrera

Espintronika elektronikaren eremu bat da, non elektroien espina berariaz erabiltzen den gailu elektronikoen funtzionamendurako, hala nola logika elektronikoa edo datuen biltegitratzea. Espintronikaren aukera nagusietako bat material magnetikoen espinaren egoera-memoria da. Bertan, egoera logikoak edo memoria-egoerak egonkor mantentzen dira, inolako energia-hornikuntzaren beharrik gabe (memoria ez-lurrunkorra). Horri esker, energia asko aurrezten da gailu espintronikoetan, eta, beraz, bide bideragarria da gaitasun elektronikoei eta konputazioari eusteko, gaur egungo energia-kontsumoaren hazkunde jasangaitzetan datorren hondamendi energetikoak mugatu gabe. Egungo proiektioek azpiegitura elektronikoen funtzionamendurako behar den energiaren igoera masiboa espero dute, 2050ean munduko energiaren guztizko kontsumoaren % 15eraino. Beraz, aurrerapen teknologiko garrantzitsuak lor badaitezke, espintronika eskala handira egokitzeak eragin disruptiboa izango du.

3.2.2 Garrantzi teknologikoa eta aplikazio-eremuak

Disko gogorren teknologia (HDD)

Espintronikaren funtsezko alderdiak espinen arteko edo arantzen eta karga-korronteen arteko interakzio fisikoekin lotuta daude, eta efektu kolektibo berriak sortzen dituzte, gero gailuetan erabil daitezkeenak. Aurkikuntza handia Magnetorresistentzia Erraldoiaren (GMR) efektuaren behaketa izan zen 1988an, zeina modu independentean gertatu baitzen Peter Grünberg irakasleak eta Albert Fert irakasleak zuzendutako taldeen eskutik. Horiek guztiek batera jaso zuten Fisikako Nobel Saria (2007), hazi-aurkikuntza horrengatik. Haren aurkikuntzaren garrantzi teknologikoa azkar aplikatu zen, eta, 1997an, IBM disko gogor (HDD) komertzialak saltzen hasi zen, GMRan oinarritutako irakurketa-sentsoreekin. Espintronikaren lehen erabilera honek hamarkada bat baino gehiagoz Mooreren Legea gaingitu zuten HDDen datuen gaitasuna izugarri

handitzea ahalbidetu zuen. Era berean, HDDak bihurtu zituen datuak biltegitratzeko teknologian produkturik garrantzitsuenak, orduz geroztik mantendu duen posizioa.

Arrakasta komertzial handia izan arren, HDDren irakurketa-buruetan erabiltzen den teknologia espintronikoa aplikazio nahiko sinplea da; izan ere, erresistentzia elektrikoan aldaketa bat baino ez du erabiltzen, geruza anitz magnetiko baten konfigurazio magnetiko desberdinen ondorioz. Konfigurazio horiek biten eremu magnetikoaren ereduak sortzen ditu. Gailu horietan ez da espinaren benetako manipulaziorik erabiltzen. Beraz, HDD irakurketa-buruak lehen belaunaldiko aplikazio bat dira, nahiz eta nanofabrikaziorako eta lotutako materialen zientziarako gaitasunak oso aurreratuak izan. Beraz, HDD irakurketa-buruen teknologia ez da izango etorkizunean espintronikako teknologia disruptiboa, nahiz eta beste urte batzuetan espintronika-teknologiaren artean duen lidergo komertzialaren posizioari eutsi diezaiokeen.

Ausazko sarbideko memoria magnetikoa (MRAM)

2000ko hamarkadaren hasieratik, biltegitratze ez-hegazkorra eta abiadura handiko sarbidea konbinatzen dituen teknologia komertziala izan da MRAM. Gailu horiek irakurtzeko prozesua tunel efektuko magnetorresistentzian (TMR) ere oinarritzen da, GMRarekin lotura estua duen eta 1995ean aurkitu zen efektua. HDD irakurketa-buru komertzialen kasuan bezala, MRAM gailu komertzialek ere espintronikaren alderdi sinpleenak bakarrik erabili zituzten 2016ra arte, osagai espintroniko bakarra arantza-egoerak eragindako erresistentzia-aldaketa zelako. Datuak idazteko, korronte elektrikoek (Oersted eremuak) eragindako kanpoko eremu magnetiko bat erabiltzen zen. Horrek mugatu egin zuen MRAM teknologiaren arrakasta komertziala; izan ere, teknologia horrekin datu ahalmen nahiko txikiko txipak baino ezin ziren

ekoitzi, oso aplikazio berezietara mugatuta, hala nola datu espezifiko batzuk hegazkin komertzialetan biltegitratzea, erradiazioekiko erresilientzia handia zutelako.

Hala ere, 2016az geroztik, MRAM gailuak erabiltzen dira, arantza transferitzeko torkearekin (STT). Gailu horietan, memoriaren egoera zuzenean manipulatu da, espin bidez polarizatutako korrante baten bidez, hau da, benetako manipulazio espintroniko baten bidez. Horri esker, biltegitratze-ahalmenaren eskalatzearan aurrera egin da, eta, aurreikuspen hobeeekin, produktu elektronikoen fabrikatzaile handiek beren ikerketa-jarduerak eta instalazio pilotuak hasi edo indartu dituzte, MRAM gailuen fabrikazio komertzialera igotzeko. Gaur egun dauden teknologia komertzialen artean, MRAM teknologia da teknologia disruptibo berriak garatzeko eremurik probableena (adibidez, spin-orbitako torkearen erabilera, SOT) eta bere lehen aplikazio komertzialak aurkituko dira, nahiz eta epe luzearako ikuspegi lehiakorrerako material disruptibo berriak eta nanoteknologia berriak ere beharko diren. Horrek eragin handia izango du datuak biltegitratzeko teknologietan, eta MRAM funtsezko osagaia ez ezik, datuen biltegitratze masiboaren osagai nagusia ere izan daiteke etorkizunean.

Sentsore espintronikoak

HDD industriarako GMR sentsoreen garapen azkarretik eta aurrerapenetik, GMRetan oinarritutako sentsoreak beste aplikazio-eremu batzuetarako garatu dira, adibidez, aplikazio automotrizeetarako direkzio-angeluaren sentsorerako. Eroapen autonomoaren etorkizuneko ikuspegiarekin, sentsore espintronikoak gehiago erabiltzea espero daiteke aplikazio automotrizeetan eta beste industria-eremu batzuetan, eta horrek gailu espintronikoen merkataritza-zorroa handituko du. Gainera, litekeena da teknologia espintroniko aurreratuenak sentsoreen aplikazio horietan ere sartzea, sentsore horien sentikortasuna, linealtasuna

eta errendimenduaren beste alderdi batzuk aktiboki kontrolatzeko. Hala ere, oso litekeena da industrietan teknologia disruptibo garrantzitsuak garatzea, eta sentsoreak laguntza-funtzioetan bakarrik erabiltzea.

Gailuen beste teknologia batzuk

Badira espintronika erabiltzen duten beste ikuspegi teknologiko batzuk ere, baina eskala handiko bideragarritasuna ez dago bermatuta gaur egun, nahiz eta etorkizunean nagusi izango diren espintronika-teknologiak izan daitezkeen. Teknologia horietako bat datu tridimentsionalak biltegitratzeko diseinatutako espintronika da, datuak biltegitratzeko teknologiak erabat aldatuko lituzkeena, egungo teknologiak funtsean bidimentsionalak direlako eta gainazala biltegitratzeko gailuak erabiltzen dituztelako. Datu tridimentsionalen benetako biltegitratzeak hirugarren dimentsioa erabiltzen du, gailu baten sakontasuna modu naturalean, adibidez, IBMk 2008an proposatutako lasterketa-pistako datuen biltegitratzearen kontzeptua, STTn oinarritutako espintronika erabiltzen duena funtzionatzeko. Teknologia horien potentziala izugarria da, baina material benetan disruptiboak eta (nano) fabrikazioko beste aurrerapen batzuk ere beharko dira teknologia bideragarri bihurtzeko.

Datuak biltegitratzeko aplikazio berriez gain, datuak prozesatzeko aplikazioetarako hainbat teknologia espintroniko daude, hala nola espin-transistoreak edo beste gailu multiterminal batzuk, espin, korrente-espin edo voltaje-espin motako interakzioan oinarritutako prozesamendu-eragiketak egiten dituztenak. Teknologia horiek atariko etapa batean daude, baina hainbat gailuren diseinuetarako oinarritzko eragiketak eta funtzionaltasunak frogatu dira. Kasu askotan, haien eraginkortasuna eta eskalagarritasuna ez daude behar bezala frogatuta, baina, jakina, potentzial handia dute, printzipioz, datuak gailu espintroniko bakar batean prozesatu eta biltegitratu baititzakete. Gainera, energia-eraginkortasuna aurrerapen handia izango litzateke, bereziki voltaje-espin

interakzioaren bidez operatutako gailuak, beren funtsezko prozesuetarako korrante-fluxuaren mende ez daudenak. Azken kasu horren adibide bat Intelen berriki proposatutako MESO teknologia da.

Duela gutxi frogatu den espintronikaren teknologia erabiltzen duen ikuspegi informatiko bat probabilitate-konputazioa da, teknologia informatikoaren erabateko aldaketan ordenagailu kuantikoaren ikuspegiaren antzekoa dena, ez baita von Neumannen eskema informatiko klasikoan oinarritzen. Duela gutxi, 8 biteko (p-bit) probabilitate-gailuak frogatu dira, STT-MRAM teknologian oinarrituak, osoen faktORIZAZIOA lortuz. Ikuspegi hori hasierako fasean dago, baina ahalmen benetan disruptiboa izan dezake informatikako gaitasunei dagokienez, konputazio kuantikoaren ikuspegiekin bat etorri.

3.2.3 Euskal Autonomia Erkidegoko posizionamendua

Materialak, Prozesuak eta Nanoteknologia Euskadi 2030 ZTBPN identifikatutako zeharkako teknologia giltzarriak dira, eta, aurreko erabaki estrategikoetan oinarrituta, Euskadi ondo kokatuta dago I+Gko esperientzia, azpiegitura eta jarduera oso garrantzitsua duen espintronikaren esparruan, nahiz eta gaur egun ez dagoen espintronikako ekimen estrategikorik. Jarduera zabala dago, BRTA zentro batzuk barne hartzen dituena, espintronikaren bidez eraldaketa disruptiboa errazteko beharrezkoak diren gai nagusi guztiei buruzko proiektu-zorro batekin, material eta metamaterial berrietan lan egitea, fabrikazioari lotutako gailuen eta metodologiaren kontzeptu berriak barne. Abian diren funtsezko proiektuek honako hauek biltzen dituzte:

• EC proiektua: QuESTech (2018-2022)

QuESTech proiektuaren jarduera zientifiko eta teknologikoen helburu orokorra gailu elektronikoen kuantikoak eraikitzea, aztertzea eta kalifikatzea da, espintronika, elektronikoa eta termodinamika kuantikoko azpieroemuen ikerketaren bidez. Ikerketa-azpiektuek garapen teknologikoen barne hartzen dituzte, hala nola nanomaterialen hazkundera, nanoegituraketa, mikroskopioak, elektroien garraioa muturreko baldintzetan eta kalkulu teorikoak. QuESTech-en hainbat emaitza aurrerapen garrantzitsu gisa identifikatuta daude elektronikoen kuantikoaren industria gorakorrerako.

• EC proiektua: SPEAR (2021-2025)

SPEAR proiektuaren helburu zientifiko eta teknologikoen orokorra da espina-orbita bidezko akoplamendu handiko materialak, material horietan fenomeno berritzaileak aztertzea eta fenomeno horietan oinarritutako gailuak eraikitzea hurrengo memoria-belaunaldirako, hala nola ausazko sarbideko memoria magnetikorako (MRAM), eta CMOS teknologiatik haratago, hala nola espintronikan oinarritutako logikarako edo konputazio neuromorfikorako. SPEARek honako hauek biltzen ditu: interakzio espinorbitoaren fisikan oso garrantzitsuak diren ikerketak, espina karga bihurtzea, material magnetiko bidimentsionalak, espinaren -Hall efektuko nano osziladoreak, anisotropia magnetikoaren tentsio-kontrola eta skyrmionak.

• EC proiektua: INTERFAST (2021-2024)

INTERFAST proiektuak aurpegiaren arteko magnetismoaren kontrol elektrikorako plataforma teknologikoa berritzailea garatzen du. Teknologia honen ideia nagusia egoera elektronikoen hibridoak material magnetikoen baten eta geruza organiko

Materialak, Prozesuak eta Nanoteknologia ZTBPN Euskadi 2030ean identifikatutako zeharkako teknologia giltzarriak dira, eta, aurreko erabaki estrategikoetan oinarrituta, Euskadi ondo kokatuta dago espintronikaren arloan.

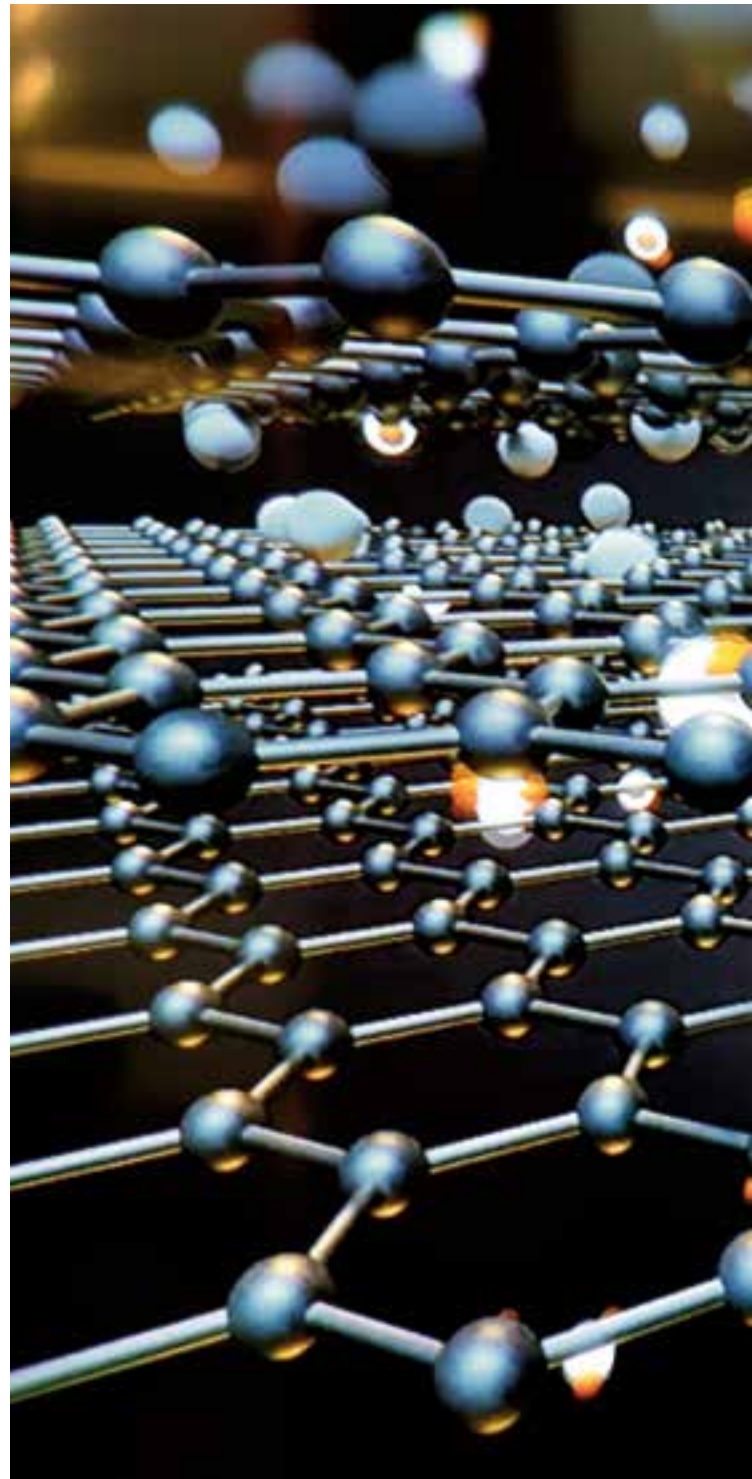


baten arteko interfazeen manipulaztea da, interfaze horretan espina-orbita akoplamendu gisa. Horri esker, aurpegien arteko magnetismoa aktiboki kontrolatu ahal izango da konposatu magnetikoen sorta zabal batentzat. INTERFASTen plana teknologia hori espintronikako hainbat funtzio gakori aplikatu dakioketela frogatzea da, hala nola magnetizazioaren inbertsio elektrikoa energia-kostu bakar batean (1 fJ/bit), korronteen murrizketa drastikoa efektu espintronikoak egiteko eta informazio ultra-lasterraren prozesamendua gailu espintroniko metalikoetan.

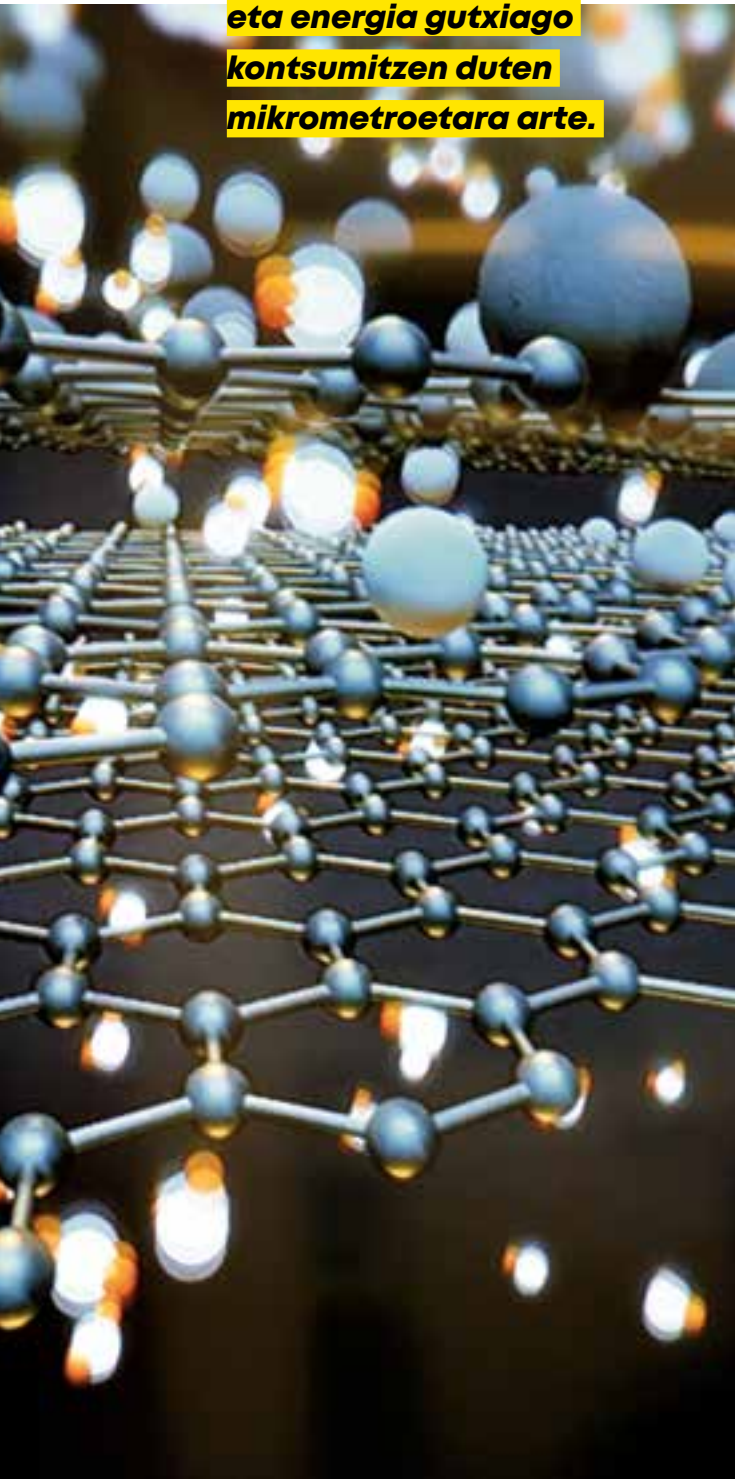
Europako proiektu horiez gain, Espainiako gobernuak finantzaturako proiektuak daude abian, bai eta gailu espintronikoen teknologiariko buruzko Intel-en eta nanoGUNEren arteko lankidetzazuzeneko proiektuak ere. Produktu elektronikoen fabrikatzaile nagusietako batekin elkarlanean egindako lan honen helburua da material eta metamaterial berrien integrazioa eta errendimendu-probak egitea biltegitratze eta prozesamendu espintronikoko benetako gailuetan (MESO teknologia), industria-eskalako integrazio-probetarako etorkizun handieneko hautagaiak hautatzen laguntzeko.

3.2.4 Erronka teknologikoak/ I+G lehenetsunak

Espintronikak teknologia digitalean eragin disruptiboa izan dezan, funtsezko 3 osagai behar dira: **material berriak, gailu aurreratuen diseinuak eta materialak eta gailuak fabrikatzeko metodologia berritzaileak**. Material edo metamaterial berriak behar dira diseinu-eragiketara berritzaileak ahalbidetzeko, baita dauden gailuen kontzeptuen eraginkortasuna masiboki hobetzeko ere. Ikasketak akademikoek erakutsi dute benetan aurrerapen disruptiboak ekarriko lituzketen gailu berritzaileak posibleak eta operatiboak direla,



**Grafenoak gailuen
arteko komunikazio
espintronikoaren
eremua zabaltzen du,
nanometroetatik hasi
eta energia gutxiago
kontsumitzen duten
mikrometroetara arte.**



baina haien propietateak, argi eta garbi, ez dira nahikoak. Adibidez, erresistentzia erlazio oso eskasa da espin transistore baten On/Off arku egoeretan. Beraz, ahaleginik garrantzitsuenak espintronikarako material berrien eremuan egin behar dira.

Dauden materialen eta etorkizunean garatuko direnen propietate fisikoei aurre egiteko, gailuen kontzeptu berriak aurkitu behar dira, material horien propietateen erabilera optimizatua lortzeko. Adibide bat espino-orbita interakzioa da, zeinak STTaren (SOT) ordezeko mekanismo bat definitzen duen, espina manipulatzeko egungo prozesu gisa, eta, horretarako, duela gutxi gailuen kontzeptu berriak proposatu eta aztertu dira. Azkenik, gailuen kontzeptu berriekin eta, bereziki, material berriekin, fabrikazio-erronka berriak sortzen dira, eta soluzio teknologiko sendoak aurkitu beharko dituzte. Aurrerapen teknologiko asko behar dira, baina grafenoa bezalako bi dimentsioko materialen propietate espintroniko oso oparoak eta grafenoa beste material bidimentsional batzuekin konbinatzean oinarritutako heterostrukturak kontuan hartuta, maila elektronikoko material bidimentsionalen ekoizpen fidagarria oso garrantzitsua izango da teknologia espintronikorako.

04

SOLUZIO DIGITALAK

82







Atal honek teknologia kuantikoak eta espintronika aztertzen ditu. Bi teknologia disruptibo horiek garapen-egoera hasiberrian daude oraindik, baina benetako iraultza teknologikoak eragin ditzakete.

- Robotika (piezen eta osagaien fabrikazioa).
- Biozientziak: eredu digitalak, erresonantzia-irudietatik abiatuta. Erradiologia, ingurune birtual bateko aldaketen arrakasta edo porrota egiaztatzeko. Zientzia omikoak (proteomikoa, transkriptomikoa, metabolomikoa, etab.)

84

Biki digitala

Biki digitala objektu, prozesu edo sistema fisiko baten denbora errealeko eredu edo irudikapen birtuala da, eta haren errendimendua aztertzeko eta optimizatzeko erabiltzen da. Biki digital bat honako hauek osatzen dute: a) irudikatu nahi den errealitatearekiko elkarrekintza-geruza bisual bat, b) erregistratutako informazio fisikoarekiko konektagarritasun-geruza bat eta c) sistema errearen portaera ulertzen edo aurreratzeko lagun dezaketen analisi-, iragarpen- eta simulazio-moduluak. Biki digitalak elementu fisiko edo sistema bat zehatz islatzeko garatu dira, eta industrian gero eta garrantzitsuagoa den tresna bihurtu dira, eta hainbat sektoretan erabiltzen ari dira, hala nola fabrikazioan, energian, osasunean eta garraioan.

BRTAren testuinguruan, honako hauek bideratutako Biki Digitaleko jarduerak aurki ditzakegu:

- Fabriken, energia-instalazioen, elikagaien ekoizpenaren eta osasun-sistemen eredu digitalak, prozesuen eta produktuen eraginkortasuna eta kalitatea hobetzeko eta hondakinak murrizteko.

Robotika

Soluzio robotikoak zutabe ezberdinetako teknologia digital askotan oinarritzen eta integratzen dira. Berezik, **sentsorizazioak eta AA barneratzeak** funtzio kognitiboak laguntzen diete, hala nola pertzepzioari eta erabakiak hartzeari, horiek baitira irtenbide mota horietan autonomiaren funtsezko osagaiak. Nolanahi ere, teknologia horiek **egokitu eta kapsulatu** egin behar dira aplikazio robotikoen baldintza funtzional eta operatibo bereziak kontuan hartzeko, kasu horietan eskatzen diren **fidagarritasun-maila handiak**, besteak beste.

Ikaskuntzarekin lotutako paradigmak robotikan baino ezin dira aztertu, ulertu eta aplikatu.

Frogapen bidezko ikaskuntza, adibidez, robotak entrenatzeko eta programatzeko paradigma baliosua da, robotak programatzeko konplexutasuna murrizten baitu, horiek erabiltzeko behar diren programazio-ezagutzak murriztuz, eta, aldi berean, erabiltzaileak zeregin espezifikoak ebazteko duen esperientzia aprobetxatzen baitu. Horrek ez du esan nahi beste arazo mota batzuk orokorgarriagoak izan daitezkeenik, hala nola **nabigazio autonomoa, manipulazioa** eta



Biki digitala objektu, prozesu edo sistema biko baten denbora errealeko eredu edo irudikapen birtuala da, eta haren errendimendua aztertzeko eta optimizatzeko erabiltzen da.

ikuskapena. Oro har, robotek beren esperientzia partikularretik ikasten dute, baina, kasu askotan, ikaskuntza aplikazio-testuinguru batetik beste batzuetara transferitu daiteke. Hala ere, eskuarki, kasu erabilgarrien kopurua mugatua izaten da. Beraz, oso eraginkorrak diren ikaskuntza-mekanismoak behar dira, datu-multzo oso txikietatik azkar ikasi ahal izateko. Adierazi behar da, halaber, ikaskuntzan oinarritutako algoritmoek mugak izan ditzaketela segurtasunerako aplikazio

kritikoetan; izan ere, ziurtapena ezinbesteko baldintza da hedatzeko.

Azkenik, adierazi behar da robotek, kasu askotan, datu-sortzaile gisa jarduten dutela ikuskapenak egiteaz arduratzen diren aplikazioetan, adibidez. Kasu horietan, plataforma digitalen zutabeari lotutako teknologiekin integratzen da haren funtzioa.



CPS & IoT sareak

Sistema ziberfisikoak (CPS, Cyber-Physical-Systems), dagoeneko 2.1.2 atalean sartuak, sistema automatizatu gisa defini daitezke, mundu errealean gertatzen diren eragiketak konputazio eta komunikazio azpiegitura ezberdinekin konektatzeko aukera ematen dutenak. Normalean, CPSak mundu fisikoarekin elkarreragiteko gai diren sentsoarek eta eragingailuak erabiltzen dituzten mikrokontrolagailuz osatuta daude, eta, aldi berean, lortutako datuak prozesatzeko gai dira.

Bestalde, ohiko sistema txertatuak gailu autonomo gisa diseinatuak diren bitartean, CPSek interkonektatuta funtzionatuak dute; hau da, CPSek komunikazio-interfaze bat behar dute beste sistema txertatu batzuekin edo hodeiarekin datuak trukatzeko. Datu-truke edo konektibitate hori da CPS baten ezaugarri nagusia, eta, beraz, sarera konektatutako CPS batek sortzen du Internet of Things (IoT) kontzeptua.

Aurreko guztiagatik, ondoriozta daiteke CPSak eta IoT Sareak datuak ateratzeko konektibitatearen zutabe teknologikoan eta horiek kudeatzeko eta prozesatzeko plataforma digitalen zutabearen oinarritzen direla batez ere, nahiz eta elektronikako eta hardwareko zutabe txertatuaren euskarri sendoa ere behar duten, baita zibersegurtasuneko zutabea ere, erabiltzen dituzten datuen sentikortasunagatik. Hirugarren mailan, CPSek eta IoT sareek IAren zutabeen eta datuen analitikaren eta softwarearen ingeniartzaren euskarria ere behar dute.

Aplikazio-eremuei dagokienez, CPSak, IoT sareekin eta Smart Factoriesekin batera, 4.0 Industria edo laugarren industria-iraultza izenez ezagutzen denaren oinarria dira. CPSen beste aplikazio-eremu batzuk ere badaude, industria hutsez gain, hala nola aplikazio medikoak, eroapen autonomoko sistemak edo energia sortzeko instalazioen kontrola.

Monitorizazioa, diagnostikoa eta iragarpena

Monitorizazioarako, diagnostikarako eta iragarpenerako soluzio digitalek teknologia digitala baliatzen dute, hala nola datuen analisia eta ikaskuntza automatikoko algoritmoak, informazioa denbora errealean biltzeko, arazoak diagnostikatzeko eta etorkizuneko balizko gertaerak aurreikusteko. Beraz, Adimen Artifizialaren eta Datuen Analitikaren zutabea izango da soluzio horren funtsezko zutabea.

Monitorizazioak berekin dakar sentsoaren datuak atzematea eta komunikazio-sareen bidez modu ziberseguruan analisi-sistemetara transmitzea. Horregatik, garrantzi handikoak dira elektronika eta sistema txertatuak, konektibitatea eta zibersegurtasuna.

Gainera, monitorizazio digitalak berekin dakar datuak denbora errealean biltzeko parametro edo aldagai espezifikoaren etengabeko jarraipena egitea. Horri esker, ekipoen, sistemen edo prozesuen errendimendua urrunetik gainbegiratu eta kontrola daiteke.

Diagnostiko digitalak, berriz, bildutako datuen analisia dakar, arazoak edo anomaliak identifikatzeko. Ikaskuntza automatikoko algoritmoak eta Adimen Artifiziala erabiltzen dira datu kopuru handiak prozesatzeko, patroik edo desbideratze esanguratsuak detektatzeko, eta etorkizuneko iragarpenak egiteko. Emaizta horiek pertsonekin edo beste sistema batzuekin elkar eragiten dute, eta, beraz, plataforma digitalen zutabeak eta interakzio-teknologiaren zutabeak funtsezko bi zutabe osatzen dituzte, konponbidean gero eta garrantzi handiagoa dutenak.

BRTaren testuinguruan monitorizazio, diagnostiko eta iragarpen jarduerak aurki ditzakegu fabrikazio aurreratuaren, mugikortasun iraunkorraren, trantsizio energetikoaren eta osasun pertsonalizatuaren arloetan. Beraz, monitorizazioak, diagnostikoak eta iragarpenak dituen askotariko aplikazioei esker, produktu edo zerbitzu bat sortzeko orduan egiten diren jardueren tarte osoan egon daiteke.

Monitorizaziorako, diagnostikorako eta iragarpenerako soluzio digitalek teknologia digitala baliatzen dute, hala nola datuen analisia eta ikaskuntza automatikoko algoritmoak, informazioa denbora errealean biltzeko, arazoak diagnostikatzeko eta etorkizuneko balizko gertaerak aurreikusteko.

Zutabe teknologikoa/ Soluzio digitala	Biki digitala	Robotika	CPS & IoT sareak	Monitorizazioa, diagnostikoa eta iragarpena
Electronics/Hardware eta sistema txertatuak		•••	••	•
Konektibitatea	•	•	•••	•
Zibersegurtasuna	•	•	••	•
AA eta datuen zientzia	•	•	•	•••
Softwarearen ingeniariatza	•	•	•	•
Plataforma digitalak	••		•••	•
Interakzio-teknologiak	•••	•		••
Aplikazio-eremuak	Industria, osasuna, energia, elikadura, mugikortasuna			

OS

BRTA-REN GAITASUNAK

88





TEKNOLOGIA DIGITALAK

05

BRTA-REN
GAITASUNAK



Azpiegitura bereziak

90

IKERLAN DIGILAB teknologia digitalen laborategia du, eta honen funtzio nagusia digitalizazioaren arloan industriara transferentzia teknologikoa egitea da. 2000 m²-ko espazioa da, eta kokagune berean abangoardiako hainbat teknologia ikertzeko azken belaunaldiko azpiegitura biltzen du, hala nola, robotika kolaboratiboa, zibersegurtasuna, safety eta fidagarritasuna, 5G komunikazioak, Adimen Artifiziala eta konputazio kuantikoa. DIGILAB Estatuko zibersegurtasun industrialeko lehen laborategia ere bada, ENACek UNE17025 arauaren arabera egiaztatua. Bertan, produktu elektronikoaren egokitasuna ebaluatzeko saiakuntzak egin daitezke, IEC 62443 arau berriaren arabera. IKERLANek IA aurreratuko laborategi bat ere badu, oso errendimendu handiko konputazioko hainbat kluster heterogeneoz (CPUak eta GPUak) hornitua. Horri esker, Adimen Artifizialeko ereduaren entrenamendua eta inferentzia banatua egin daitezke, bai eta konputazio konbentzionaleko kargak ere.

CEITek Areto Zuria du, hainbat gelaz osatua, eta bertan mikroteknologiak erabiltzen dituzten gailuak fabrikatzen dira. Horien artean, batez ere erretxina fotosentikorren geometriak definitzen dituen 100 klaseko gela bat, film meheak gordetzeko eta erasotzeko prozesuak gauzatzen





dituzten 1000 klaseko bi gela eta laginak prozesatu eta karakterizatzeko 10000 klaseko gela bat daude. Prozesu horiek gauzatzeko, CEITek azken belaunaldiko ekipamendua eta azpiegitura ditu, besteak beste, litografia ultramoreko teknikak, geruza meheko depositua fase fisikotik zein fase kimikotik (gasa), materialen eraso selektiboa teknika heze lehorren bidez, polimeroen estanzazioa beroan (hot embossing), silizio-eta beira-obleen itsaste anodikoa, material polimerikoak oxigeno-plasma bidez itsastea, tratamendu termikoak atmosfera kontrolatuan, silizio-obleen hedapen- eta oxidazio-prozesuak, profilometria bidezko karakterizazio morfologikoko teknikak, substratuen doitasun mikrometrikoko bidezko mozketak mikrosoldatze-estazioa.

CIC nanoGUNEk punta-puntako azpiegitura bakarra du, laborategi ultrasentikorrek dituen, eta 300 m² inguruko gela zuria (100-10.000 motakoa) mikrorako eta nanofabrikaziorako, elektro-sorta bidezko bi litografia-sistemaz hornitua. Eraikinak inguru paregabea du, interferentzia elektromagnetikorik gabea eta bibrazio maila ultra baxukoa. CIC nanoGUNE laborategietan teknika ultra-zehatzak erabiltzen ditugu, hala nola tunel efektuko mikroskopiaok tenperatura oso baxuetan eta magnetometro bakarrak, film edo geruza finak hazteko



instalazioak, eta mikroskopia elektronikoko laborategi bat, Cs zuzenketa duen TEM bat eta tenperatura kriogenikoetan jardun dezaketen FIB sistema ugari dituena.

VICOMTECH-ek teknologia digitalekin lotutako hainbat alderdiri buruzko ikerketa-azpiegiturak ditu. Horretarako, hainbat laborategi ditu. Medikuntzako laborategiak alderdi biomedikoak atzitzeko, prozesatzeko, aztertzeko eta bistaratzeko ekipamendua du. Gidatze autonomoko eta garraio adimenduneko laborategiak azpiegiturak ditu harrapaketa masiboak egiteko eta datuak jasotzeko. Industriaren dibisioak digitalizatorako azpiegiturak ditu (ganbera industrialak, linealak, polarimetroak, termikoak, etab.), komunikazioen integrazioa (protokolo industrialak, TSN, 5G, etab.), datuen kudeaketa eta Adimen Artifizialeko teknologien aplikazioa, horien artean robotika industrialerako ekipoa nabarmentzen direlarik. Erdi mailako laborategiak errealitate hedatuko baliabideak ditu (kaptura bolumetrikoko sistemak, chroma), gailu anitzeko hedapena eta broadcasterako eta 5G transmisioetarako stackak. Azkenik, VICOMTECH-ek HPC bat du biltegitratze masiborako eta errendimendu handiko konputaziorako, eta horri esker, Adimen Artifizialeko proiektuei ekin ahal izango die, datu kopuru masiboak eta/edo entrenamendu handiak barne hartuta, karga konputazionalari dagokionez.

IDEKOK teknologia digitalak eta doitasun handiko fabrikazio-soluzioak garatzeko 2000m²-ko espazioa du, Digital Grinding Innovation Hub (DGIH), fabrikazio aurreratuari aplikatutako digitalizazioan soluzio berritzaileak ikertzeko eta garatzeko Euskadiko nodo berria. Era berean, prototipoen tailer bat dago, 500 m² baino gehiagoko espazioarekin, zelula robotizatuekin, robotikaren aplikazioa ikertzeko fabrikazio kolaboratibo eta adimendunean. Azkenik, IDEKO, datuen biltegitratze masiborako eta fabrikazio aurreratuari aplikatutako Adimen Artifizialeko algoritmoen konputaziorako cloud plataforma batekin, nola mantentze prediktiboa, prozesuen optimizazioa edo kalitate prediktiboa.





CIC energiGUNEK materialen azelerazio esperimentaleko plataforma berritzaile bat du, errendimendu handiko moduluak integratzen dituena baterietarako konposatu ez-organiko elektroaktiboen sintesirako, bai eta horien egitura-karakterizazioa eta elektrokimika ere. Plataforma horrek laborategi autonomo bihurtu nahi du, premien arabera etengabe eguneratzeko gai izango dena, eta dagoeneko aukera eman du elektrodo-materialen familia berriak arrakastaz esploratzeko, Europako hainbat industria-bazkiderekin lankidetzan. Plataforma garatzen ari da gaur egun, eta errendimendu handiko sintesi-modulu automatizatuak, datuen analisi-programak (datu-kopuru handiak erabiltzeko gai direnak) eta AAK lagundutako planifikatzaile esperimentalak ditu.



CIC biomaGUNEK puntako azpiegiturak ditu ikerketan eta garapenean, irudi biomedikoan eta bioteknologia disruptibetan oinarrituta. Laborategiko hainbat instalazio ditugu, oso hornituak, ikerketa eta aplikazio klinikorako ziklotroitik hasi eta PET, CT, SPECT eta MRI sistema aurreratuetaraino, Espainian nukleo anitzeko irudietarako bakarrak diren teknologiak eta MRIren eskuratzeko azeleratua bezalako prozedura aurreratuak barne. Datuen zientzian eta errendimendu handiko konputazioan ditugun gaitasunek aukera ematen digute datu biomedikoen bolumen handiak maneiatzeko eta aztertzeko, adimen artifiziala aplikatuz gaixotasun- eta tratamendu-ereduak identifikatzeko. Berrikuntzarekin eta ikerketa-erakundeekin, enpresekin eta ospitaleekin etengabeko lankidetzarekin konprometituta gaude, betiere medikuntzan eta teknologian aurrera egiteko helburuarekin, maila globalean osasuna eta bizi-kalitatea hobetzeko.

BRTA ERAGILEEN GAITASUNAK

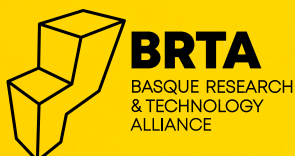
ERRONKA TEKNOLOGIKOEN ARABERA BANATUAK

	AZTERLAN	CEIT	GAIKER	IDEKO	IKERLAN	LORTEK
1 erronka: Elektronika eta sistema txertatuak		●	●	●	●	●
2 erronka: AA eta datue zientzia	●	●		●	●	●
3 erronka: Konektibitatea		●		●	●	●
4 erronka: Plataforma digitalak	●	●	●	●	●	●
5 erronka: Interakzio teknologiak		●	●		●	
6 erronka: Zibersegurtasuna		●			●	
7 erronka: Sotware ingeniariatza	●	●		●	●	●

	TECNALIA	TEKNIKER	VICOMTECH	CIC bioGUNE	CIC biomaGUNE	CIC energIGUNE	CIC nanoGUNE
	●	●	●				●
	●	●	●	●	●	●	●
	●	●	●				●
	●	●	●			●	
	●	●	●				
	●		●				
	●	●	●				



Aliantzako kideak



Kurutx Gain Industrialdea, 10
20850 Mendaro, Gipuzkoa
T.: +34 943 05 33 25
info@brta.eus

www.brta.eus