CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Presentació del Projecte d'Impacte

"Exploració de la detecció de dades biomètriques en partits de futbol"

Socis promotors

Generalitat de Catalunya · Ajuntament de Barcelona · Barcelona Supercomputing Center · CVC Centre de Visió per Computador · eurecat Centre Tecnològic de Catalunya · i2cat · softeng · UPC Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech · IDEAI Intelligent Data Science and Artificial Intelligence Research Center

Entitats membres

AMB · ATM Àrea de Barcelona Autoritat del Transport Metropolità · Caixa Enginyers Banca Cooperativa · 3cat · CETAQUA Centro Tecnológico del Agua · CRUÏLLA

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Benvinguda institucional



Marco Orellana

Gerent

CIDAI

H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Benvinguda institucional



Arnau Serra

Responsable del Centre de Servei Tècnic de la Secretaria de Polítiques Digitals

Generalitat de Catalunya

H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Benvinguda institucional



Josep M. Monti

President

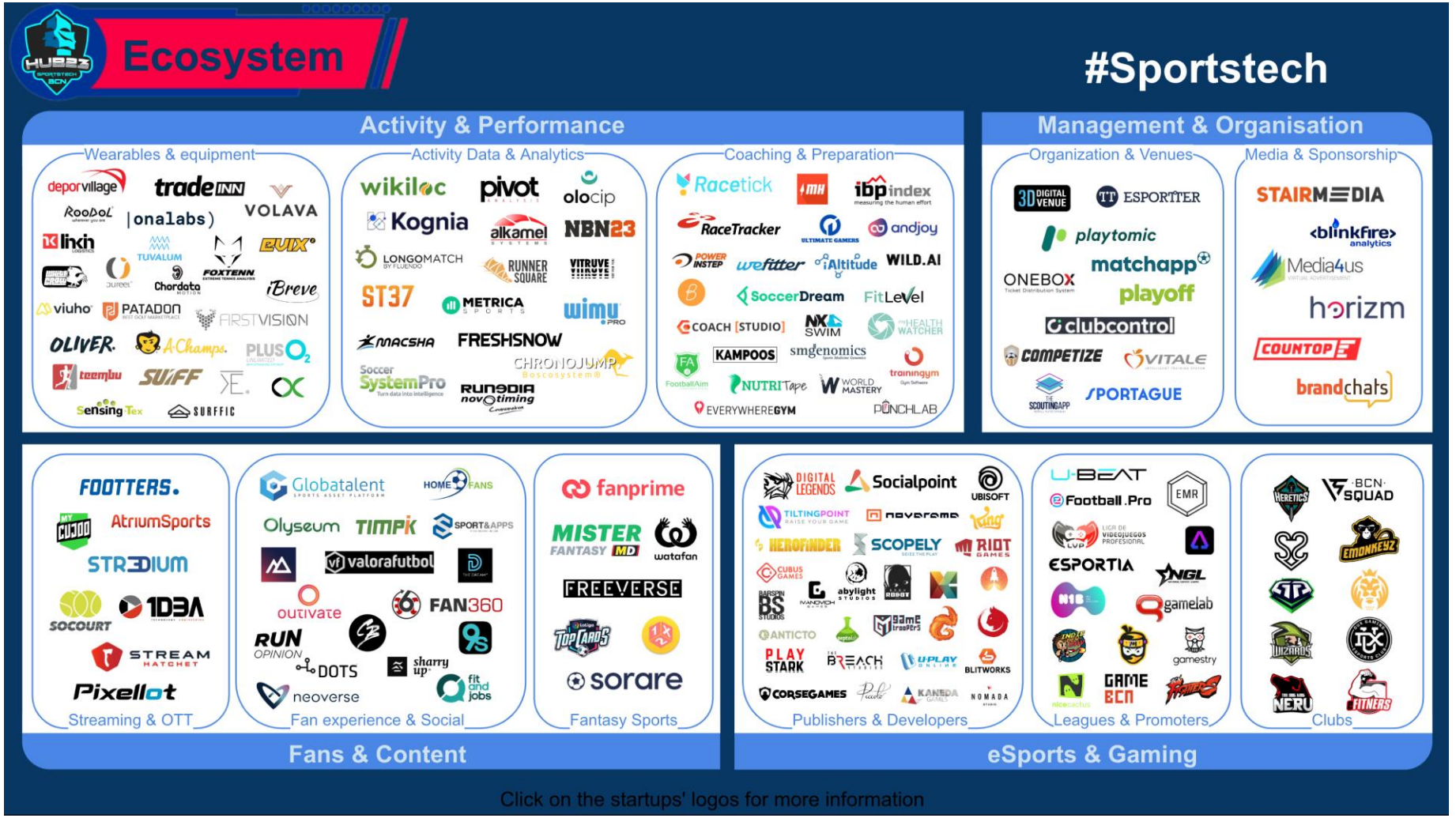
HUB23 i Sports World Congress

H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia Sports Intelligence Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

ECOSISTEMA

HUB23 és una associació fundada en el 2019 que promou la tecnologia aplicada a l'esport. Entre les seves activitats hi ha des de desenvolupar un congrés internacional, visites "behind the sport" o desenvolupar projectes i pilots com aquest.



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

STADIUM

El Stadium Forum és la jornada B2B del Sports World Congress i l'edició del 2026 forma part del programa **Barcelona Capital Mundial de l'Arquitectura** en la que assistiran arquitectes d'estadis, dissenyadors, gestors i empreses amb productes i solucions per estadis.



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

STADIUM

L'edició del 2026 tindrà la AI com "**main topic**" i es tractarà de forma transversal en totes les conferències; des del disseny de l'estady, la construcció o la seva gestió.



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Viral AI 'Sky Stadium' video with 50 million views is fake!



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Exploració de la detecció de dades biomètriques en partits de futbol

Agenda

11:15 h | Context de la Visio per Computador aplicada al futbol

- Luis Ferraz, responsable d'IA de Kognia Sports Intelligence

11.25h | Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

- Coen Antens, responsable de la Unitat d'Innovació del Centre de Visió per Computador (CVC)
- Rafael Redondo, responsable Línia d'Imatge en la Unitat de Tecnologies Multimèdia d'Eurecat

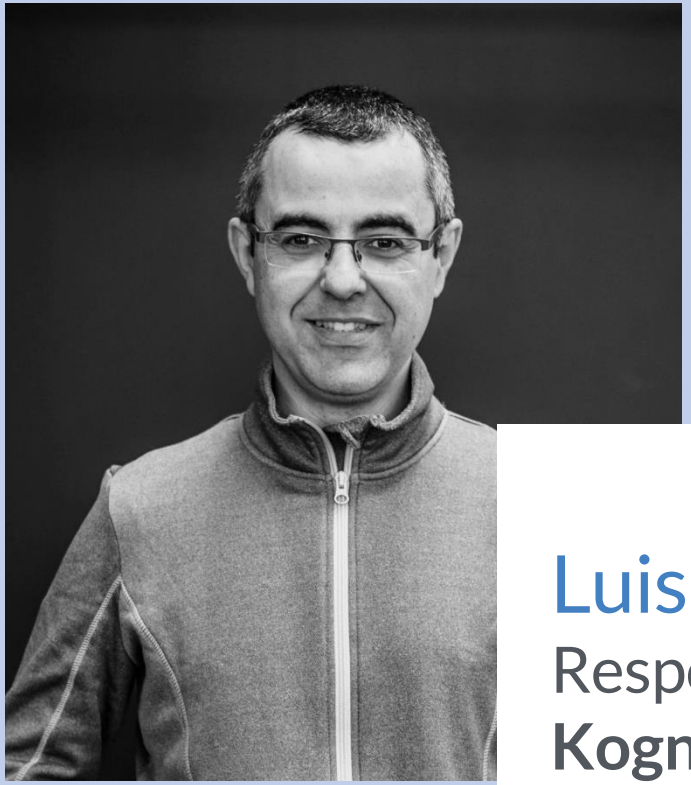
12:00h | Torn obert de preguntes

12:15 h | Fi de l'acte

H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la Visio per Computador aplicada al futbol



Luis Ferraz

Responsable d'IA

Kognia Sports Intelligence

H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia Sports Intelligence Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la IA aplicada a l'esport
Kognia Sports Intelligence

🎯 L'objectiu de Kognia és c**ontextualitzar** i **millorar la comprensió del joc** a partir de l'**anàlisi semàntica** de les accions **individuals i col·lectives** dels jugadors.

⚽ Kognia **g**enera coneixement tàctic per a **equips de futbol professional i acadèmies**.

🧠 La tecnologia de Kognia permet la presa informada de decisions tant als **cossos tècnics com als directors esportius**.

Kognia
SPORTS INTELLIGENCE

H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la IA aplicada a l'esport
Tipologies de vídeo

- Broadcast de Televisió
- Càmera Tàctica
- Sistemes Multicàmera



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la IA aplicada a l'esport
Algunes Aplicacions: Mapeig al terreny de joc

🎯 Objectiu
- Trobar una **funció de projecció** que transformi les coordenades píxel a coordenades terreny de joc.

🤯 Complexitats
- Paràmetres desconeguts
- Detecció de línies
- Posició de la càmera



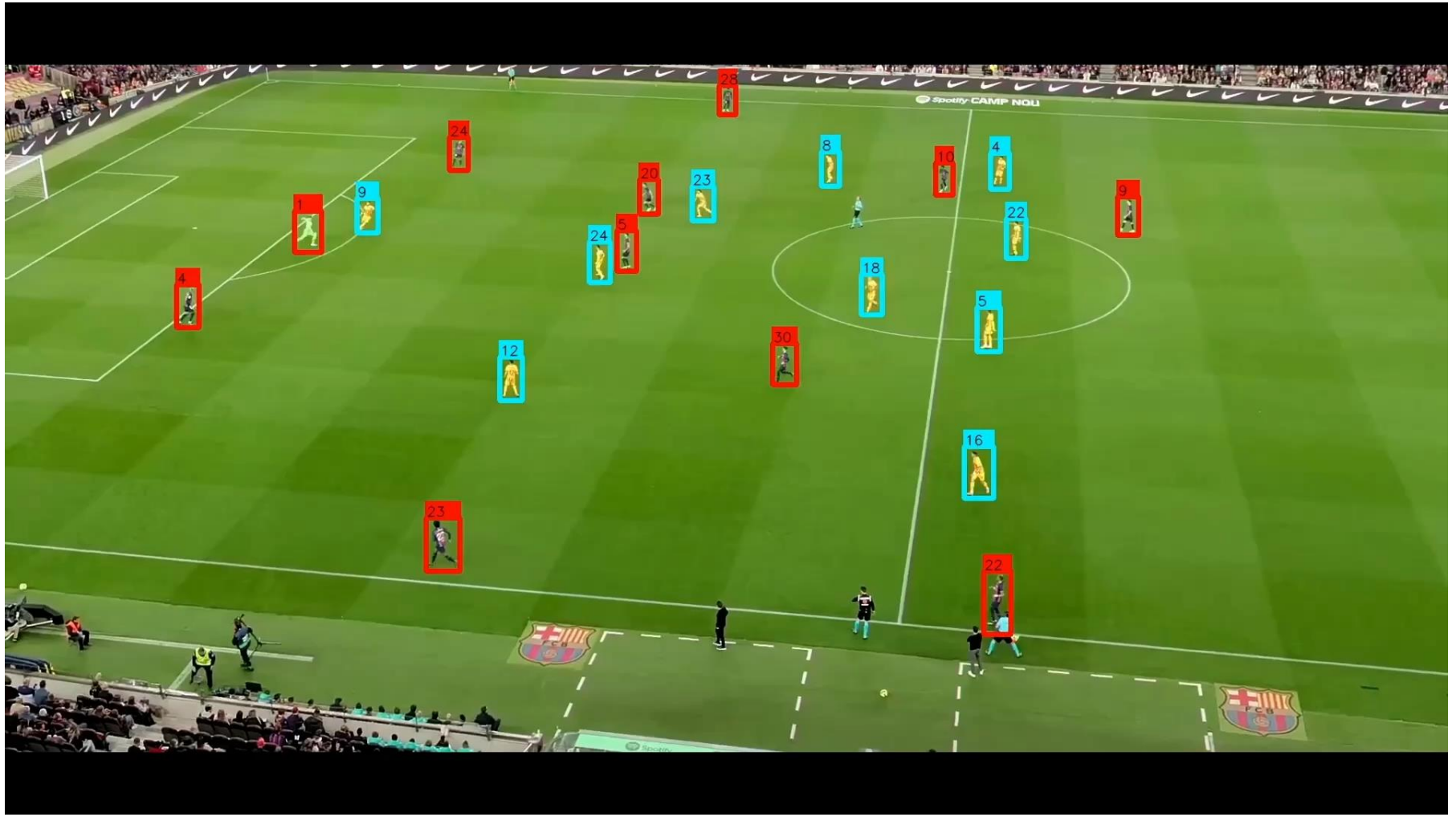
H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la IA aplicada a l'esport
Algunes Aplicacions: Seguiment de jugadors

🎯 Objectiu
- **Identificar** i **localitzar** de manera contínua tots els jugadors (i la pilota) a cada fotograma del vídeo.

🤯 Complexitats
- Qualitat d'imatge
- Identificació dels jugadors
- Creuaments de jugadors
- Seguiment de la pilota



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la IA aplicada a l'esport
Algunes Aplicacions: Detecció d'events

🎯 Objectiu
- **Identificar, classificar I temporalitzar** les accions objectives del joc (xuts, passa etc.)

🤯 Complexitats
- Qualitat d'imatge
- Identificar als jugadors
- Seguiment de la pilota



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la IA aplicada a l'esport
Algunes Aplicacions: Detecció d'events semàntics

🎯 Objectiu
- **Contextualitzar** i inferir la **intencionalitat** dels moviments i accions dels jugadors.

🤯 Complexitats
- Durada variable
- Simultaneïtat dels events
- Detectar com els jugadors estan correlacionats



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Context de la IA aplicada a l'esport
La Rellevància de l'Estimació de la Postura

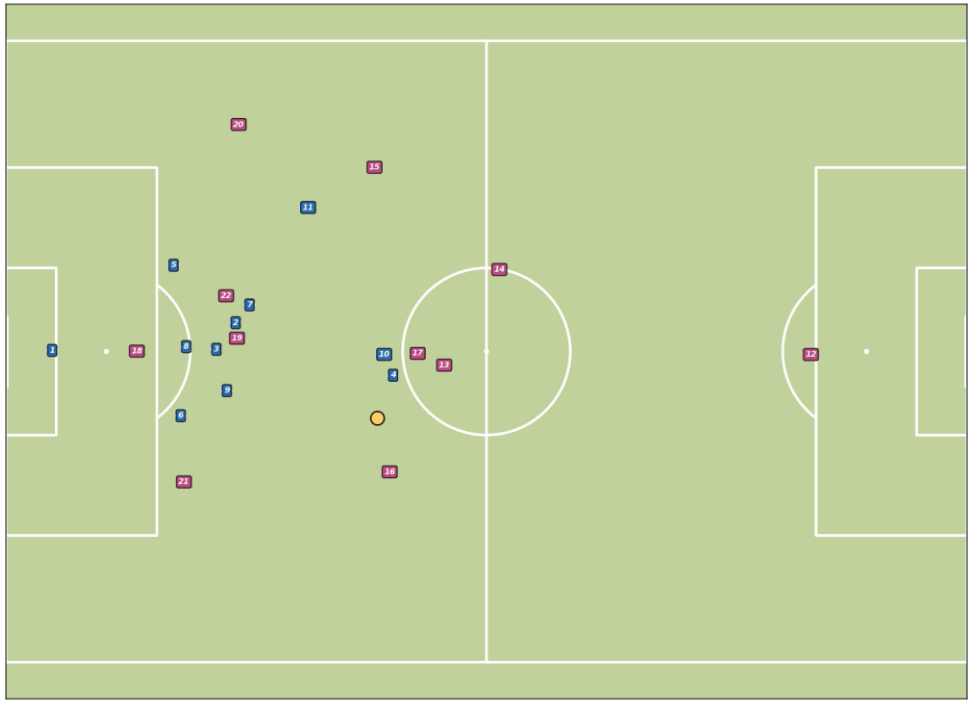
🔬 Anàlisi Tècnica i Biomecànica
La postura proporciona mètriques detallades per al refinament del moviment I la salut de l'atleta. (P. ex.: prevenció de lesions)

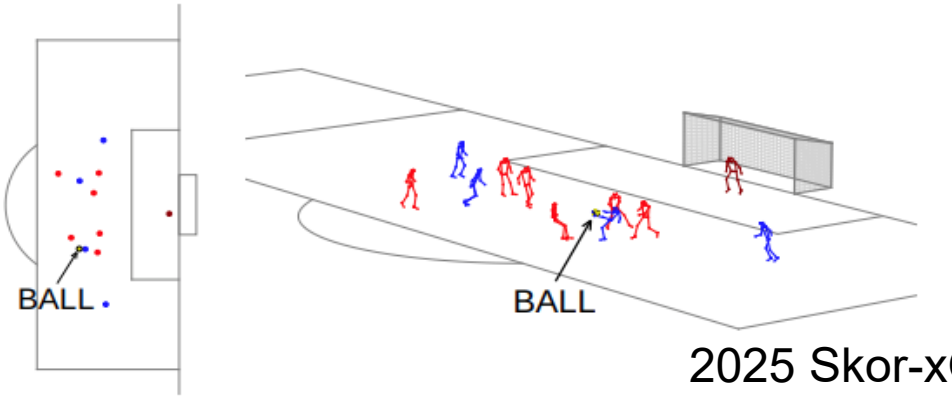
🧠 Intel·ligència Tàctica i Estratègica
Per obtenir informació sobre la intenció i les possibles accions dels jugadors, per exemple, es pot utlitzar l'orientació del cap o del cos.

⚖️ Suport Arbitral
Permet l'aplicació precisa de les regles, anant més enllà de les decisions de fora de joc per incloure, per exemple, la detecció de faltes o tocar la pilota amb la mà.

💥 Detecció d'events
Ajuda a identificar no només que un event ha tingut lloc, sinó també **detalls** sobre la seva execució. (P. ex.: amb quina part del cos es toca la pilota)

📈 Models de Valor
Millora la precisió de les avaluacions del rendiment. (P. ex.: els models moderns d'Expected Goals (**xG**) incorporen l'estimació de la postura tant del xutador com dels defensors)





2025 Skor-xG

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art





Coen Antens

Responsable de la Unitat d'Innovació **Centre de Visió per Computador (CVC)**

Rafael Redondo

Responsable Línia d'Imatge, Unitat de Tecnologies Multimèdia **Eurecat**

H23 · CVC Centre de Visió per Computador · eurecat · Kognia Sports Intelligence · Generalitat de Catalunya

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

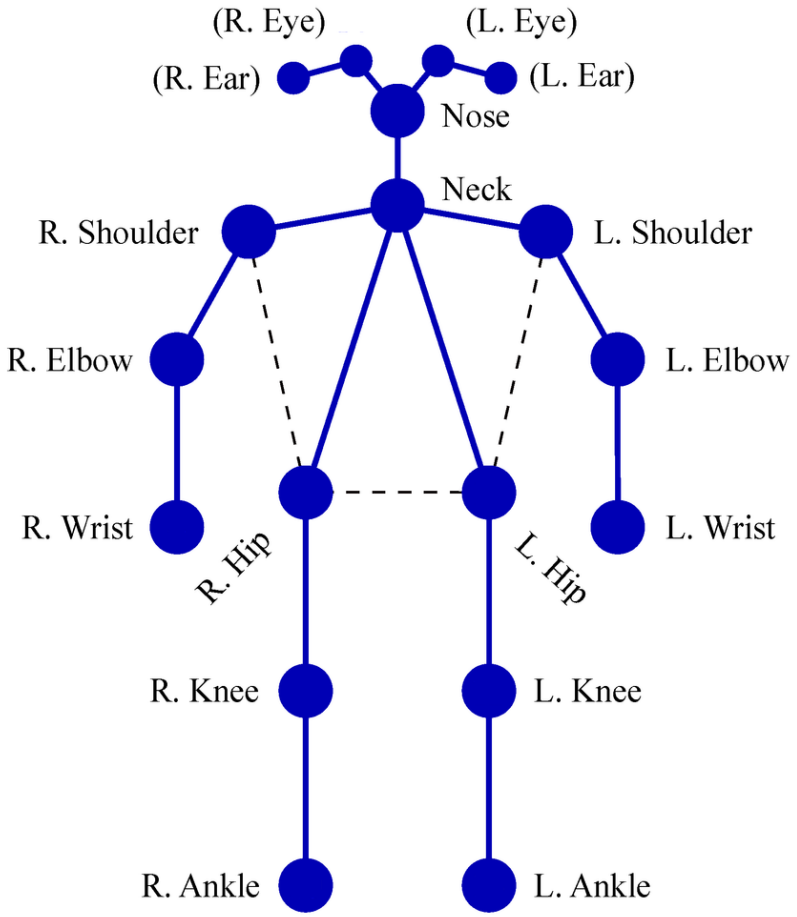
Detecció de la postura dels jugadors



H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia Sports Intelligence Generalitat de Catalunya

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

COCO Dataset / Human Pose Estimation



1. nose
2. left_eye
3. right_eye
4. left_ear
5. right_ear
6. left_shoulder
7. right_shoulder
8. left_elbow
9. right_elbow
10. left_wrist
11. right_wrist
12. left_hip
13. right_hip
14. left_knee
15. right_knee
16. left_ankle
17. right_ankle

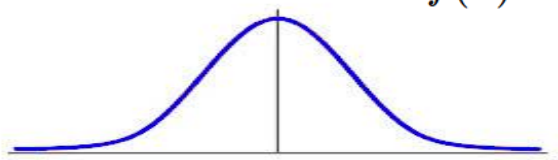
Object Keypoint Similarity (OKS)

Es calcula a partir de la distància entre els punts previstos i els punts reals, normalitzada per l'escala de la persona. L'escala i la constant de cada keypoint són necessàries per "compensar" la importància de cada keypoint: la ubicació del coll és més precisa que la dels malucs.

OKS és una mitjana ponderada de valors gaussians de similitud, normalitzada pels punts visibles.

http://cocodataset.org/

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



d(i) — la distància euclidiana entre el punt clau real i el keypoint previst
k(i) — constant per a cada punt clau que controla la disminució
s — escala: l'arrel quadrada de l'àrea del bounding box de l'objecte
v(i) — indicador per a la visibilitat del keypoint

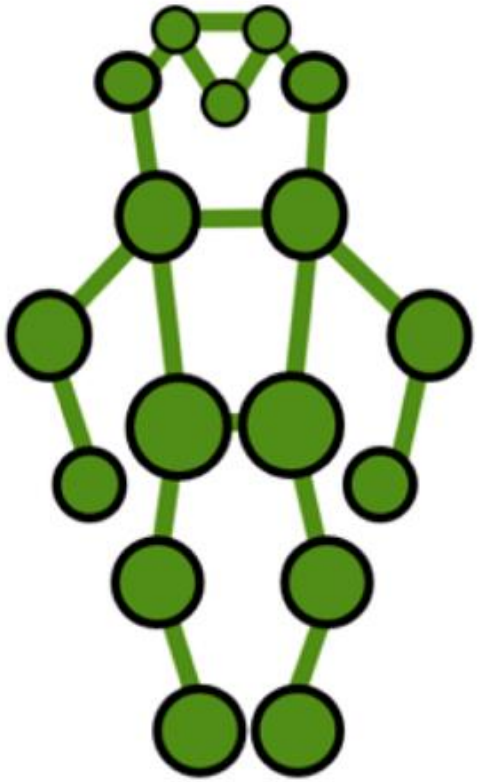
$$\mathrm{OKS} = \frac{\sum_i \left[\exp\left(-\frac{d_i^2}{2s^2k_i^2}\right)\ \delta(v_i > 0)\right]}{\sum_i [\delta(v_i > 0)]}$$

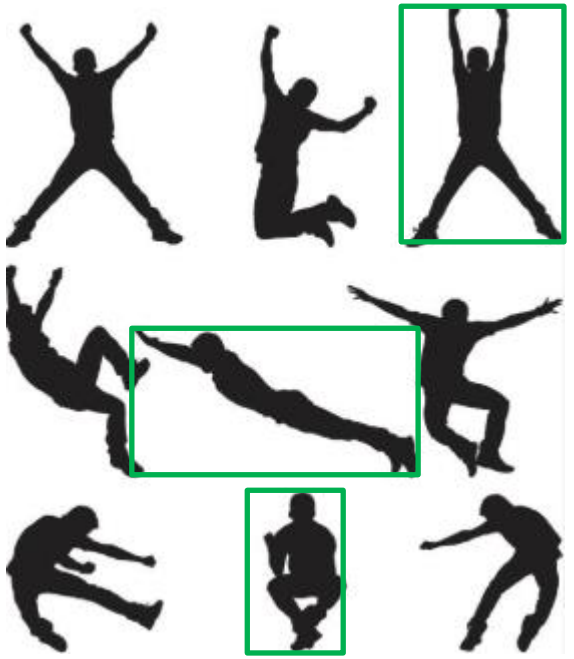
H23 CVC Centre de Visió per Computador eurecat Kognia SPORTS INTELLIGENCE Generalitat de Catalunya

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

Object Keypoint Similarity (OKS)

Keypoint	k_i
hips	0.107
ankles	0.089
knees	0.087
shoulders	0.079
elbows	0.072
wrists	0.062
ears	0.035
nose	0.026
eyes	0.025

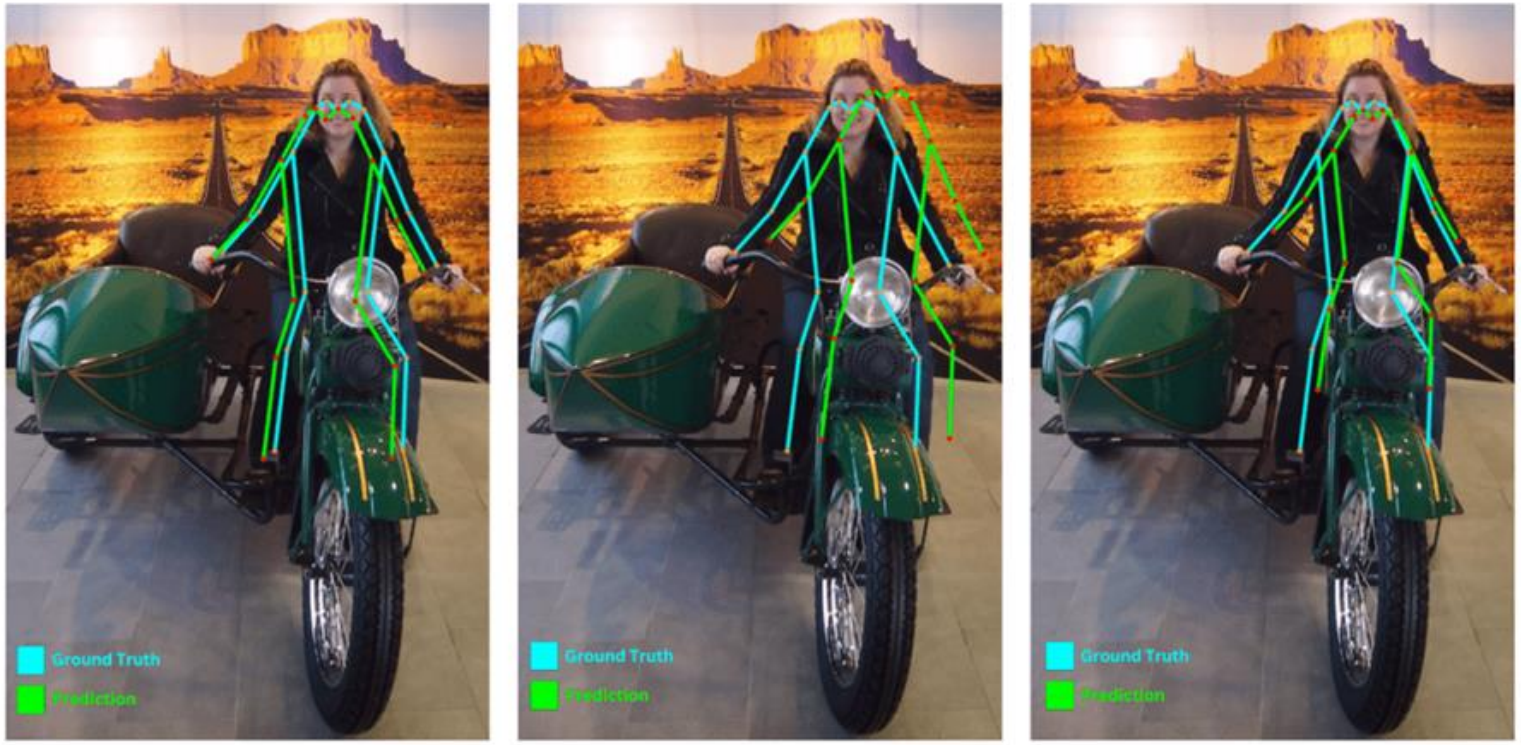




$$\text{OKS} = \frac{\sum_i \left[\exp\left(-\frac{d_i^2}{2s^2k_i^2}\right)\delta(v_i > 0)\right]}{\sum_i[\delta(v_i > 0)]}$$

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

Object Keypoint Similarity (OKS)



- El conjunt de punts clau predits és **molt proper** als punts reals, indicant una alta similitud i, per tant, un valor OKS elevat.
- El conjunt de punts predits està **força allunyat** dels punts reals, la qual cosa implica una baixa similitud i un valor OKS baix.
- El conjunt de punts predits és proper als punts reals però amb **una certa escala diferent** (amplificat o reduït), afectant la similitud i resultant en un valor OKS intermedi.

Exemples de models per realitzar la detecció de la postura (Facebook/META):

- **Detectron2:** Mask-RCNN per detectar 17 keypoints
- **Sapiens:** Vision Transformer (ViT) per detectar 308 (!) keypoints

Dataset per fer les validacions (amb imatges de futbol)

- SoccerNet
- WorldPose

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art
SoccerNet





What is SoccerNet?

SoccerNet is a large-scale dataset for soccer video understanding. It has evolved over the years to include various tasks such as action spotting, camera calibration, player re-identification and tracking. It is composed of 550 complete broadcast soccer games and 12 single camera games taken from the major European leagues. SoccerNet is not only dataset, but also yearly challenges where the best teams compete at the international level. Join the SoccerNet community on Discord to discover how SoccerNet can further push your own research and industry.

https://www.soccer-net.org/

- Extraure frames dels vídeos de SoccerNet
- Anotar un conjunt de frames (manualment)
- Fer la predicció amb una xarxa neuronal
- Avaluar OKS.

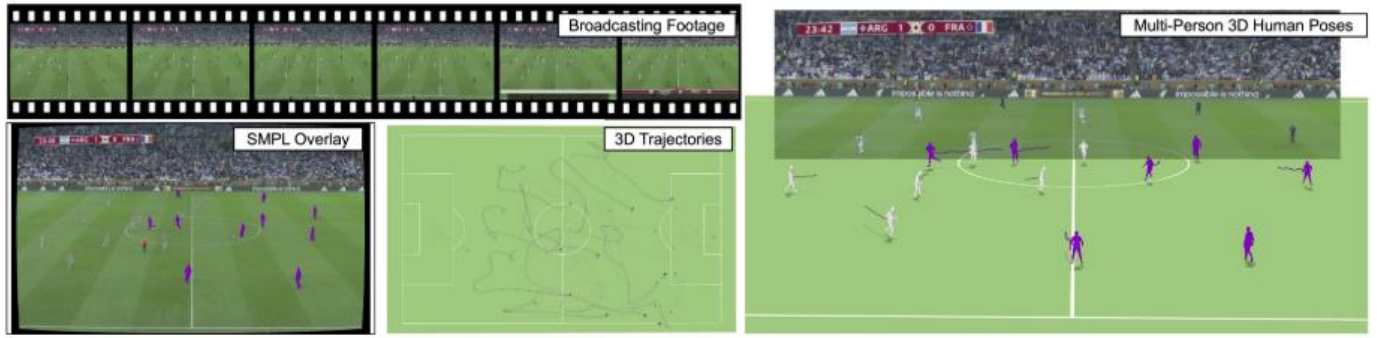
WorldPose: A World Cup Dataset for Multi-Person Global 3D Human Pose Estimation

Tianjian Jiang[1*], Johsan Billingham[2*], Sebastian Müksch[1], Juan Zarate[1], Nikolas Evans[2], Martin R. Oswald[4], Marc Pollefeys[1,3], Otmar Hilliges[1], Manuel Kaufmann[1], Jie Song[1]

*Equal Contribution

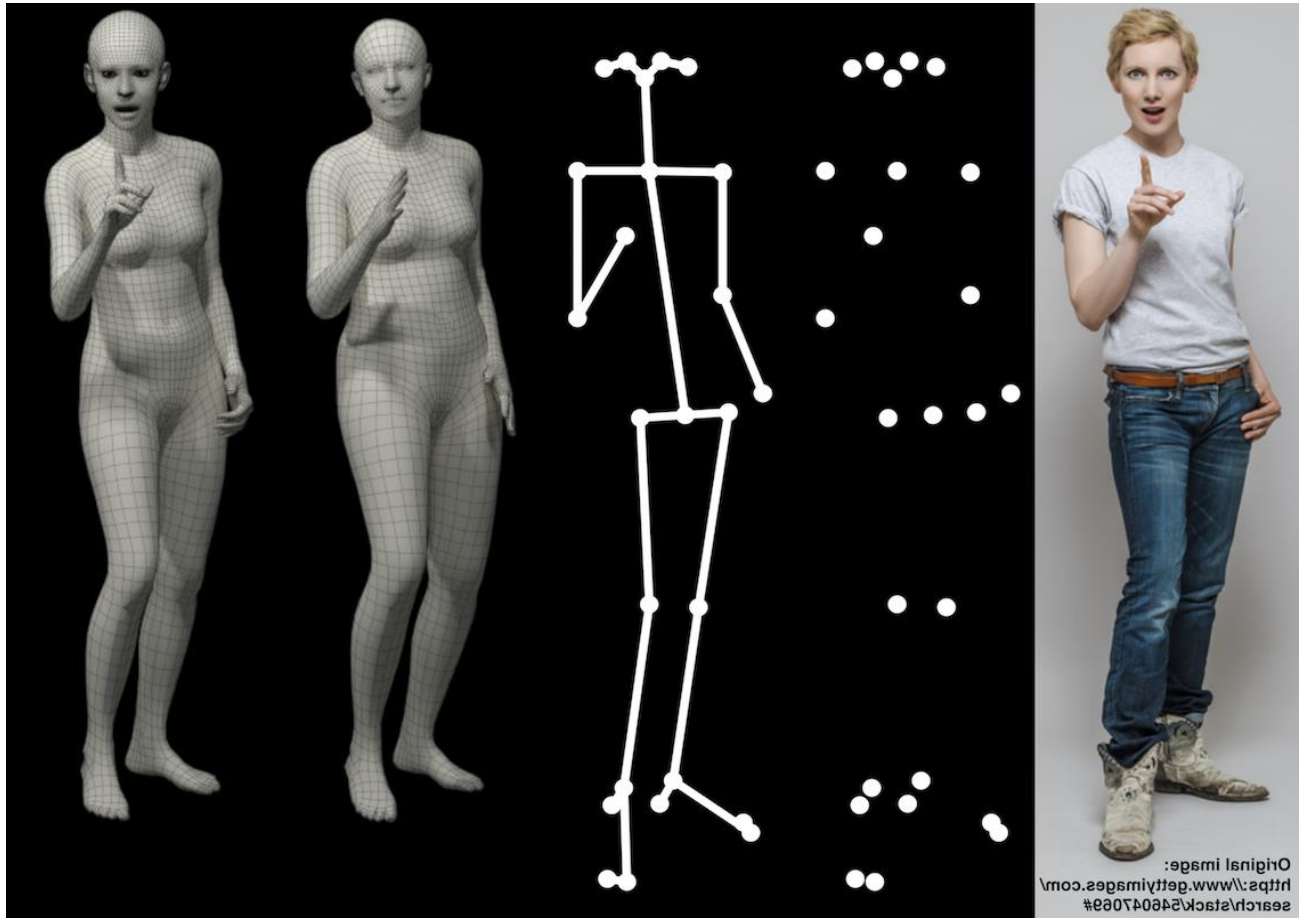
[1]ETH Zürich, [2]FIFA [3]Microsoft [4]University of Amsterdam

Paper | Video | Code (Visualization) | Data



WorldPose is a novel dataset for advancing research in multi-person global pose estimation from monocular videos, featuring footage from the 2022 FIFA World Cup.

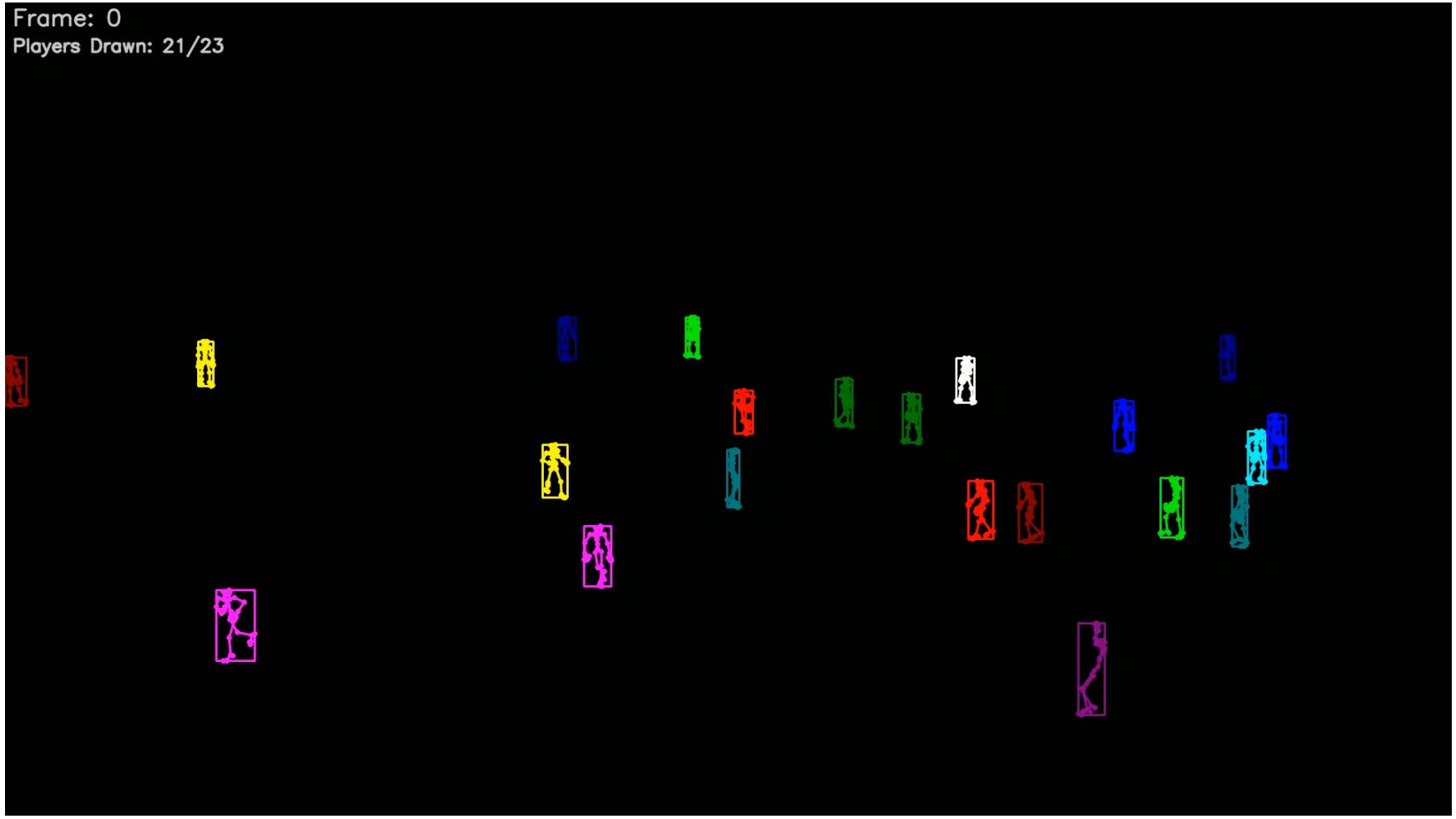
- +80 seqüències vídeo
- 2,5 milions de posicions 3D
- Anotacions model SMPL



Skinned Multi-Person Linear Model (SMPL)

- Model paramètric 3D del cos (85)
- Sortida: malla + articulacions 3D
- Morfologia (10)
- Articulacions (72)
- Translació global (3)
- Malla densa: 6890 vèrtexs
- Versions: home, dona, neutre
- Deformació dependent de la postura
- Diferenciable. apte per models d'aprenentatge

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art
Experiments amb SMPL



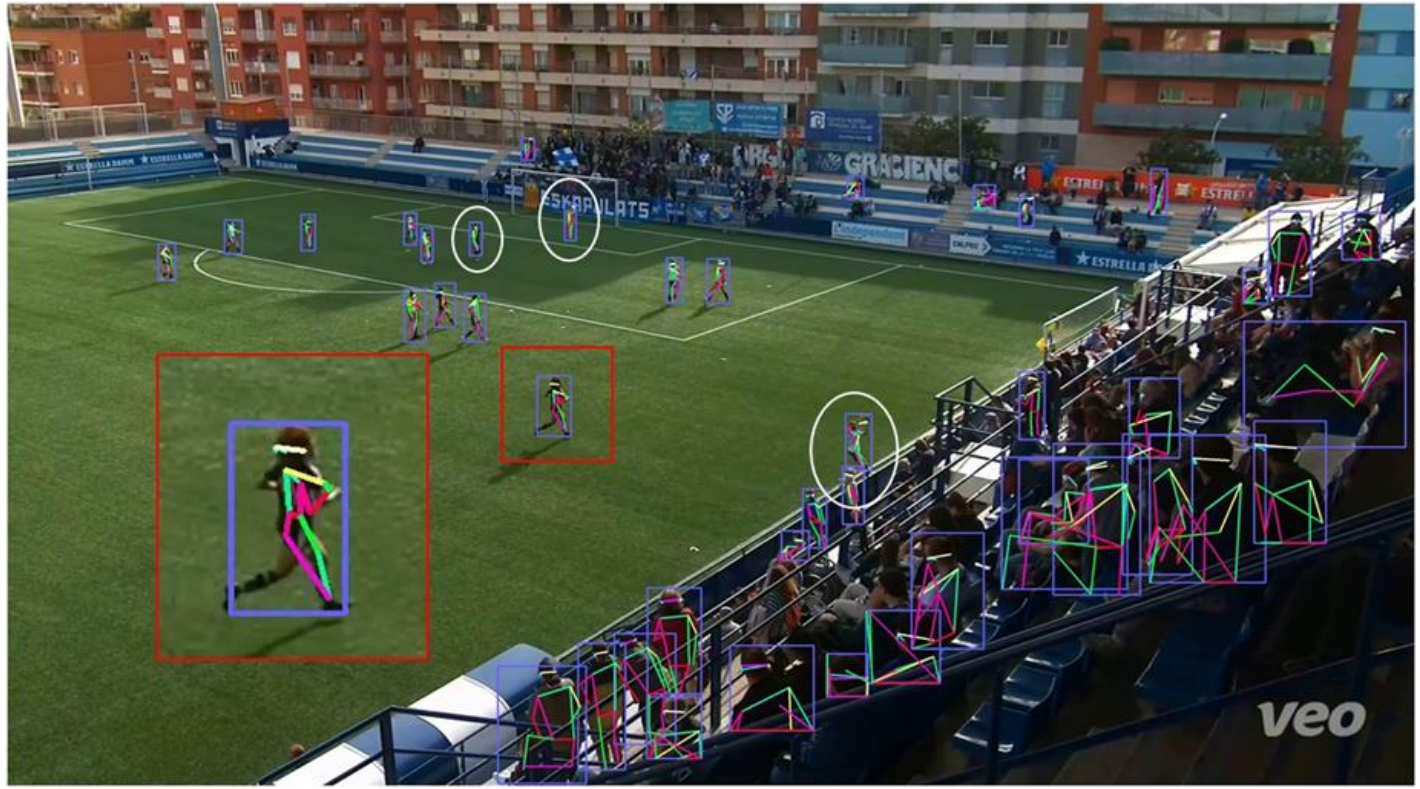
Projecció 2D de les anotacions 3D (SMPL) dels jugadors en una seqüencia del FIFA WorldPose 2022.


```
[
  {
    "frame": 0,
    "people": [
      {
        "id": 0,
        "bbox": [
          155.45072006801695,
          633.5966971112671,
          192.85213569045902,
          709.1425322985974
        ],
        "skeleton": [
          [
            172.52287282201826,
            665.7214144883405
          ],
          [
            176.24779743524994,
            670.0602903786058
          ],
          [
            169.44912438943356,
            670.5319335518957
          ],
          [
            171.38330433554495,
```


Exemple d'estructura per la descripció de les postures 2D en format JSON.

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

Detecció de la postura amb Detectron2



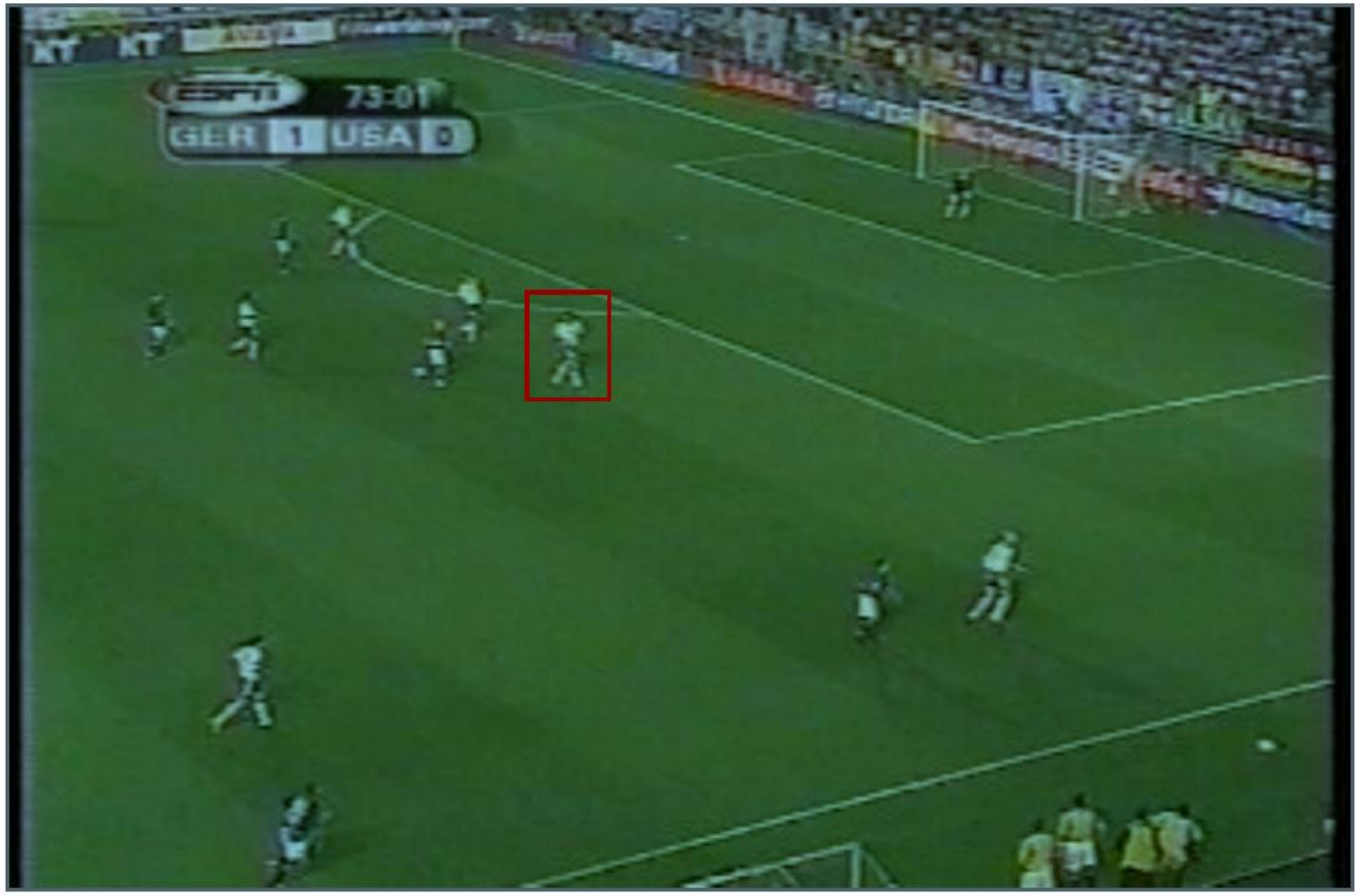
Detecció de pose amb Detectron2: no detecta correctament la cama de la jugadora al quadre vermell.



Detecció de pose amb Sapiens: no detecta la persona a la dreta del quadre vermell.

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

Seeing less than you think...



https://cs280-berkeley.github.io/sp24.html

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

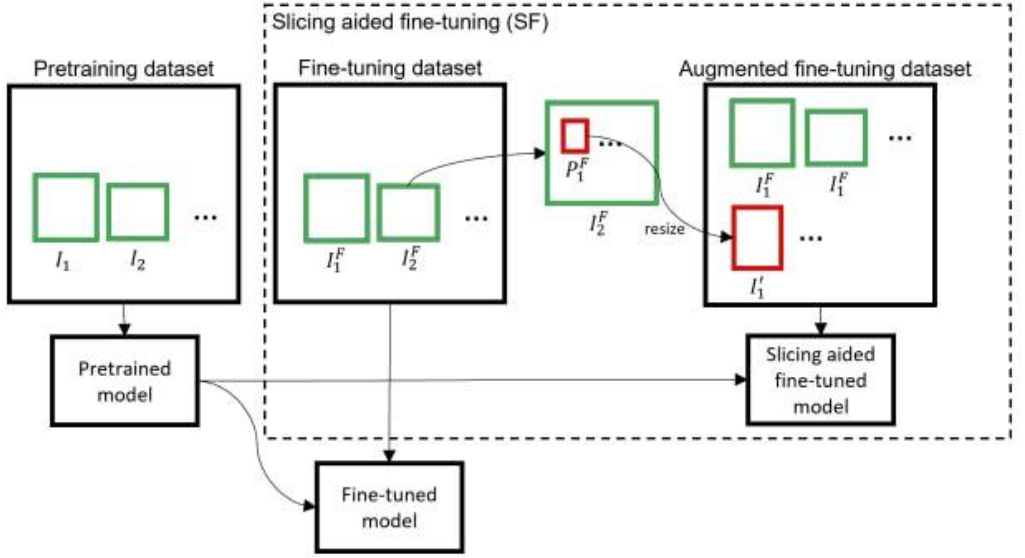
Need to think outside of the box...



Com podem millorar aquesta resolució?

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

Slicing Aided Hyper Inference (SAHI)



Slicing Aided Hyper Inference (SAHI)

- Divideix la imatge gran en sub-imatges (slices) més petites.
- Cada slice es passa pel detector de keypoints
- Els resultats es fusionen per obtenir deteccions a tota la imatge original.

SAHI és un marc de codi obert dissenyat per afrontar el problema de la detecció d'objectes petits en imatges grans. SAHI proporciona **un pipeline genèric** per a la detecció d'objectes petits, incloent-hi capacitats d'inferència i fine-tuning.

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

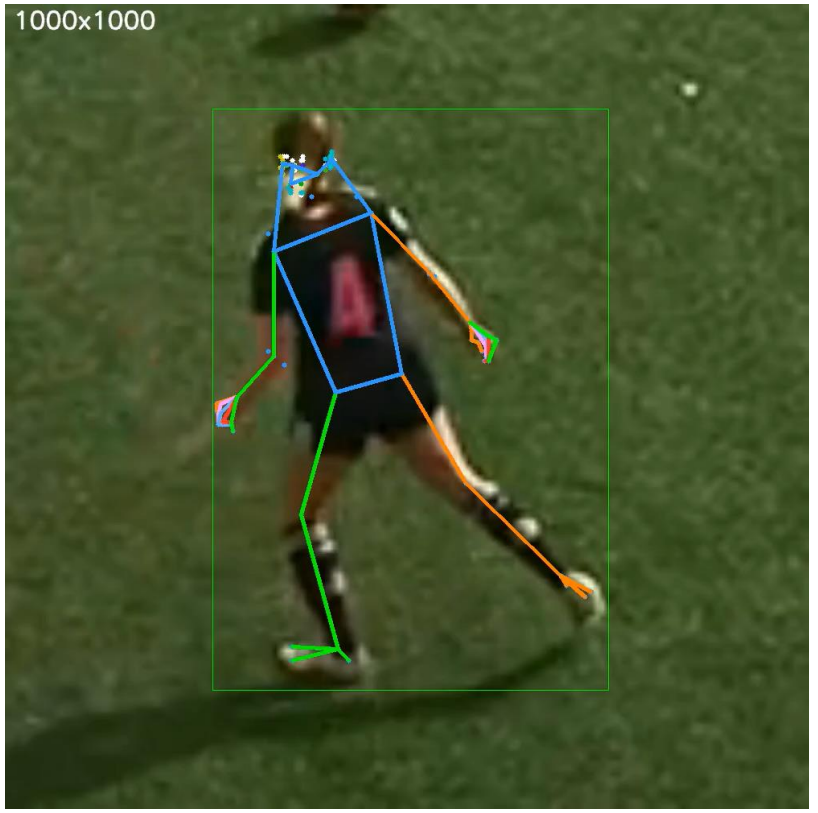
Combinar model Sapiens amb Slice Inference



Detecció que combina Sapiens amb Slice Inference: deteccions són correctes.

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

Efectes de resolució



El model Sapiens detecta correctament un jugador des de 1000 fins a 43 píxels.

Estimació de la postura: definició i l'estat de l'art

Resultat final



Conclusions

Rang de detecció:
- Detectron2: detecció de keypoints en jugadors de fins a 66 píxels
- Sapiens: detecció de keypoints en jugadors de fins a 43 píxels

Precisión (COCO, 17 Keypoints):
- Detectron2 (X101-FPN): AP 66.0
- Sapiens (0.3B): AP 79.6 (superior)

Temps d'inferència:
- Detectron2: gairebé en temps real
- Sapiens: diversos segons per frame (no temps real)

Validació i robustesa:
- SoccerNet + OKS: l'ús del convex hull millora la fiabilitat de la mètrica
- WorldPose permet avaluar eficientment sense anotació manual

Conclusió general:
Sapiens és una eina prometedora per a la detecció de dades biomètriques en futbol, especialment amb tècniques com SAHI, però cal millorar l'eficiència i la detecció de jugadors petits o en moviment ràpid.

Reptes futurs

- **Robustesa en condicions difícils:** boira, pluja, ombres i partits nocturns; millorar detecció en baixa visibilitat i contrast.
- **Seguiment i coherència temporal:** estabilitzar detecció de postures al llarg de seqüències amb Optical Flow, filtres de Kalman o tracking de jugadors.
- **Resolució i oclusions:** millorar detecció quan els jugadors estan lluny o parcialment ocults, incloent self-occlusion i oclusió entre jugadors.
- **Estimació de poses en 3D:** obtenir mesures biomètriques més precises i postures detallades.
- **Calibratge de la perspectiva del camp:** garantir mesures fiables de velocitat i localització en qualsevol punt del camp.
- **Reentrenar una xarxa específica:** utilitzar les anotacions que s'han fet per reentrenar una xarxa específica de detecció de les postures dels jugadors de futbol.

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Torn obert de preguntes

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Gràcies per la vostra assistència

Socis promotors

Generalitat de Catalunya · Ajuntament de Barcelona · Barcelona Supercomputing Center · CVC Centre de Visió per Computador · eurecat Centre Tecnològic de Catalunya · i2cat · softeng · UPC Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech · IDEAI Intelligent Data Science and Artificial Intelligence Research Center

Entitats membres

AMB · ATM Àrea de Barcelona Autoritat del Transport Metropolità · Caixa Enginyers Banca Cooperativa · 3cat · CETAQUA Centro Tecnológico del Agua · CRUÏLLA