

11. APPLICATIONS OF DEEP NEURAL NETWORKS

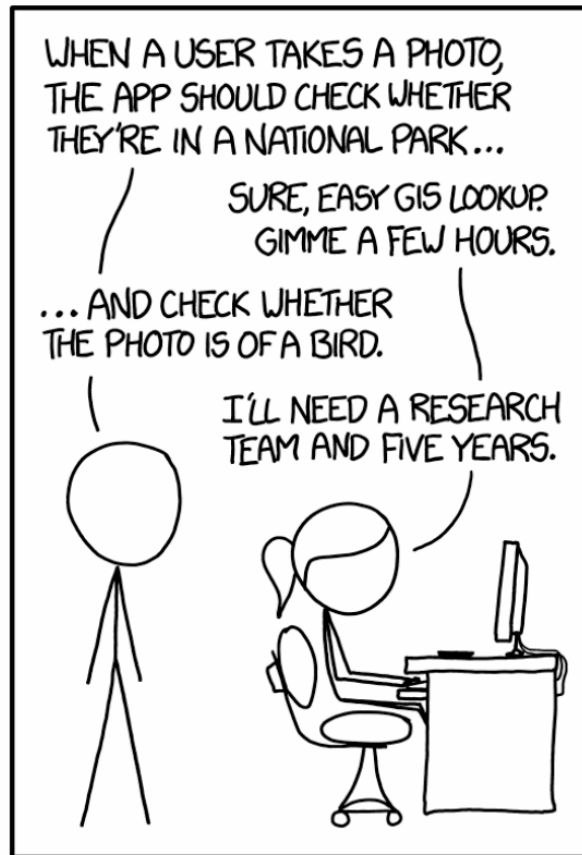
Stephan Robert-Nicoud
HEIG-VD/HES-SO

Credit: Andres Perez-Urbe



Objectives

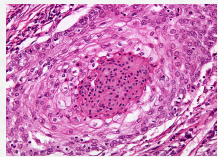
- ❑ Understand when it is useful to use Convolutional Neural Networks (CNN)
- ❑ Understand the types of problems we can deal with using CNNs
- ❑ Learn about some applied research projects at HEIG-VD
- ❑ Understand ingenious ways of creating systems taking advantage of CNNs and their limits



IN CS, IT CAN BE HARD TO EXPLAIN
THE DIFFERENCE BETWEEN THE EASY
AND THE VIRTUALLY IMPOSSIBLE.

Types of problems (1)

- Classification / recognition / identification
 - data → classes (labels/annotations)



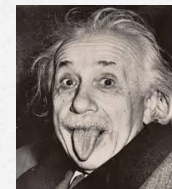
{**cancer**, not cancer}



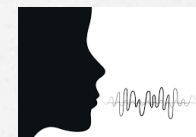
{one, two, ...**seven**, ...nine}



{**spam**, not spam}



{**Einstein**, Darwin, etc..}



{**"dis-siri"**, "hello", etc..}

Types of problems (2)

- Regression
 - data → continuous variable



→ age



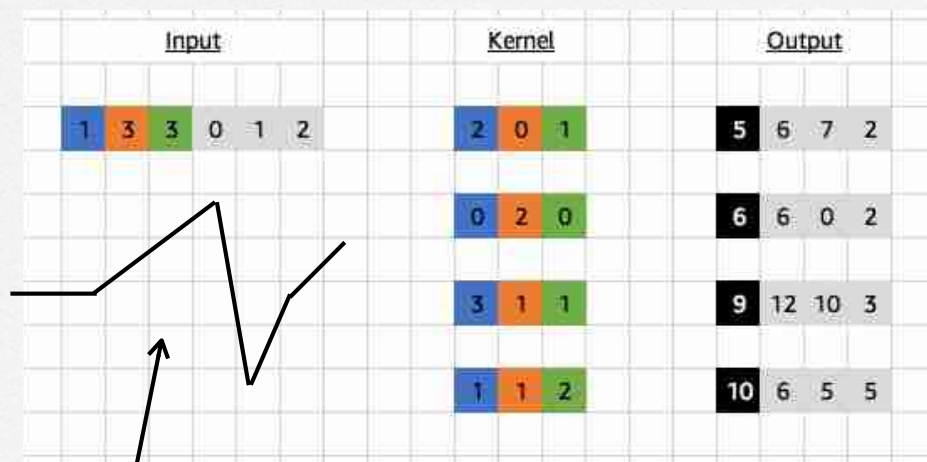
→ crop yield



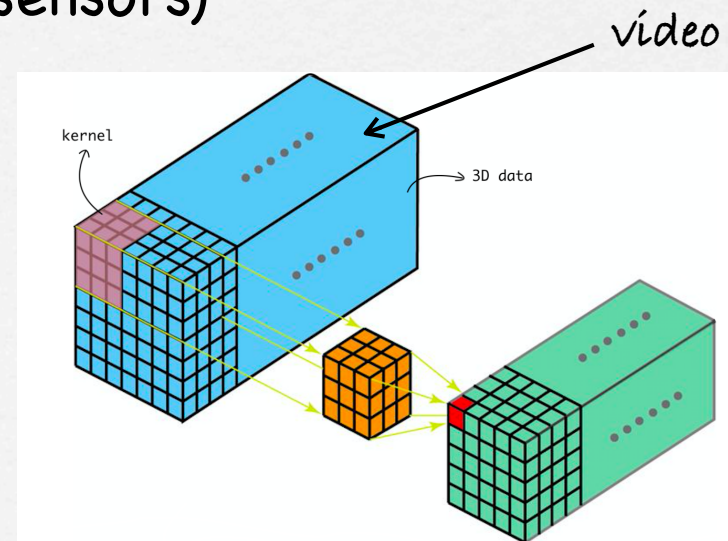
→ diving score

Fully-connected vs. Convolutional Neural Networks

- ❑ CNNs are useful to process data that exhibits spatial relationship (e.g., in general not for tabular data)
- ❑ Not only for image processing, also for time-series (e.g., sound, sensor data), videos (3D data), hyper-spectral data (e.g., satellite sensors)



1D convolutions



3D convolutions

Classification & regression of n-dimensional data (1)

- 1D → classification
 - sound → speaker identification; password; voice command; language
 - physiological signal → arrhythmia, apnea, wake-sleep stage, stress
 - electrical current pattern → appliance
 - mechanical vibration → machine maintenance?

Classification & regression of n-dimensional data (2)

- 1D -> regression
 - Prediction: historical data -> forecasting / trend
 - time-series temperature -> temperature next day
 - seq. of temp, wind speed, humidity -> next temp
 - temp, radiation, rain -> crop yield
 - heart rate variability -> risk of mortality

Classification & regression of n-dimensional data (3)

- nD -> classification
 - video (webcam) -> activity recognition
 - video (satellite sensor) -> deforestation

Anomaly detection

- ❑ typical data -> normal / anomaly
 - ❑ Frauds (banks)
 - ❑ physiological time-series data -> normal / alert!
 - ❑ electrical consumption -> technical problem?
 - ❑ accelerometer data -> fall?
 - ❑ credit card usage -> abnormal shopping?
- ❑ Authentication: acceptable data -> yes/no

Our research environment

Wireless communications

IoT

Information Security

Software engineering

Medical informatics

Data Science

IICT Institute (21 PER / 63 collaborators)

ICT department = IICT + REDS institutes

HEIG-VD

HES-SO == "University of Applied Sciences Western Switzerland"



Dr. Andrés Perez-Urbe

Professeur, Responsable
du groupe thématique
Sciences des données



Dr. Nastaran Fatemi

Professeure



Dr. Efstratios Rappos

Adjoint scientifique



Dr. Stephan Robert

Professeur



Dr. Eric Taillard

Professeur



Dr. Jacques Zuber

Maître d'enseignement



**Dr. Popescu-Belis
Andrei**

Professeur



**Dr. Hector Fabio
Satizabal Mejia**

Chef de projet

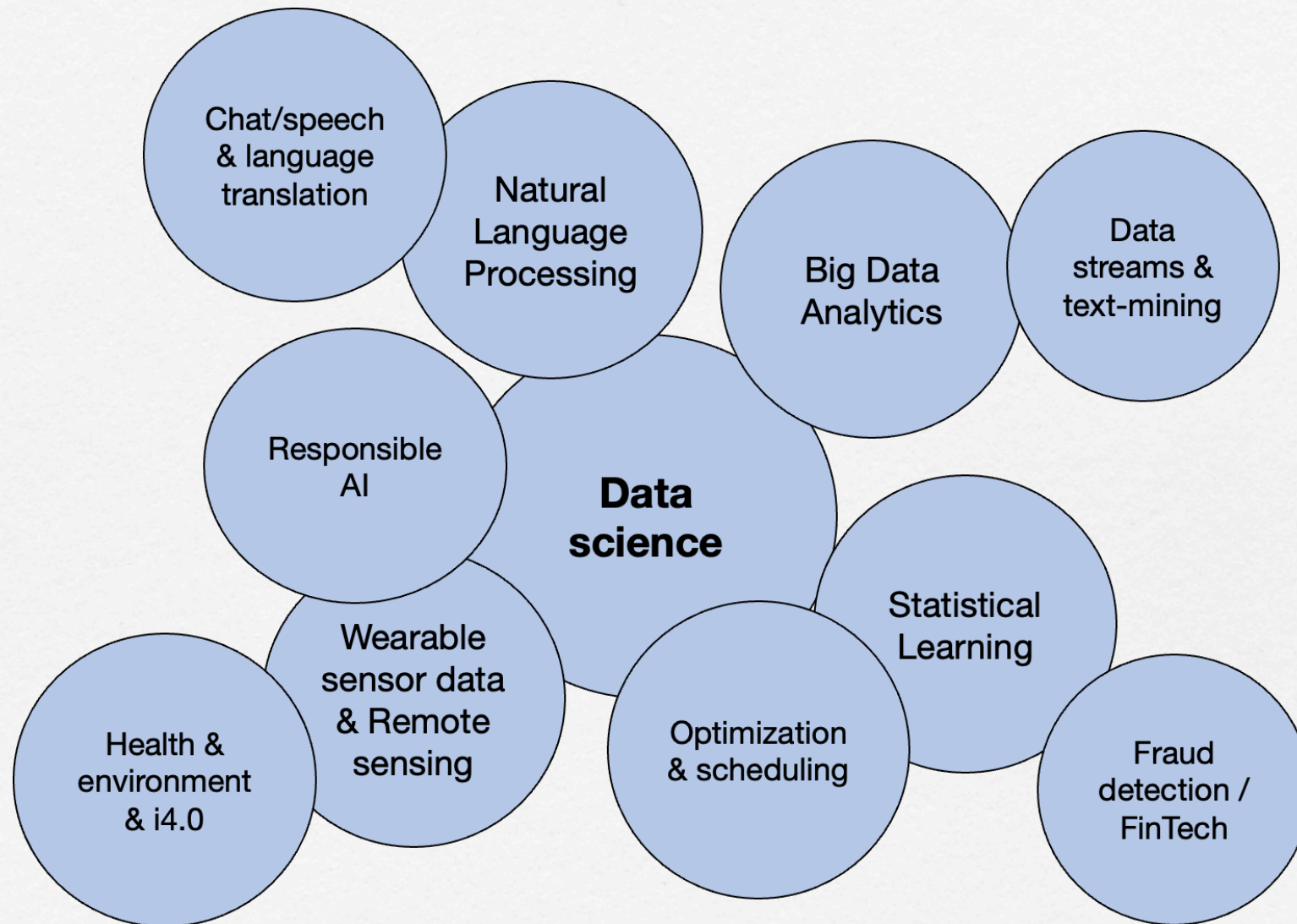


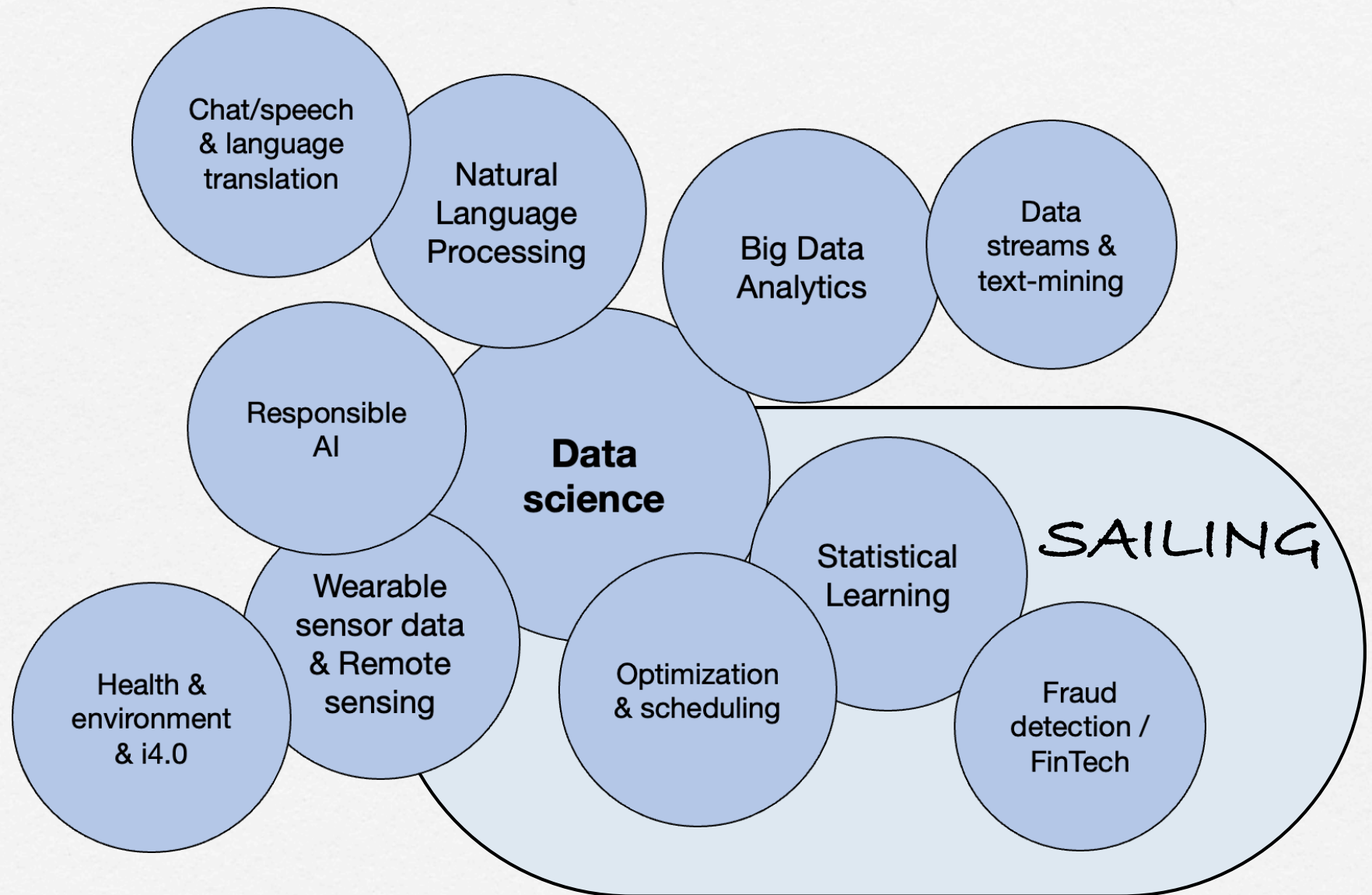
Dr. Abraham Rubinstein

Maître d'enseignement

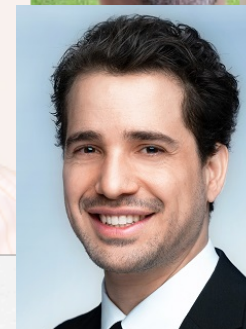
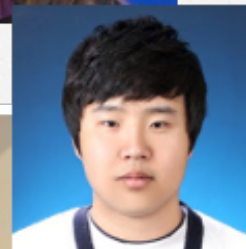
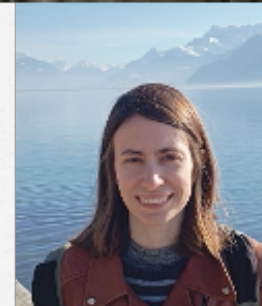
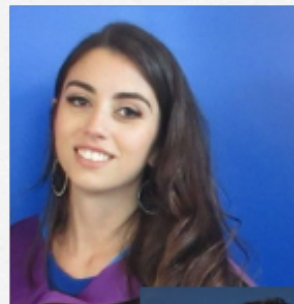
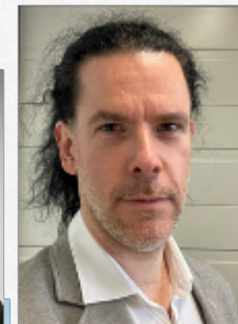
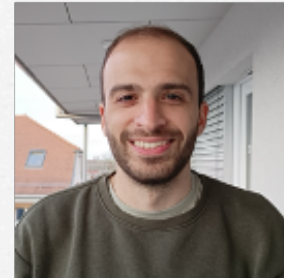
Science des données

- 5 professeurs
- 2 Maîtres d'enseignement
- 1 Adjoint scientifique
- 1 Chef de projet
- 1 Chargé Ra&D
- 3 doctorants
- 6 Collaborateurs Ra&D





Team



EPFL



ETH zürich



universität
wien

KAIST

Unil

UNIL | Université de Lausanne

Imperial College
London

Berkeley
UNIVERSITY OF CALIFORNIA



HE^{VD}
IG

UNI
FR

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

unine
UNIVERSITÉ DE
NEUCHÂTEL



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

News...

- RTS
- TV5 Monde
- France 2
- ArcInfo
- 20 Minutes
- BFM TV
- Le Point
- L'Express
- Ouest France
- Agefi
- Entreprise Romande
- AlpICT
- Finestra
- Bilan
- 24 Heures
- ICT Journal
- ...



Quelques activités...

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN MÉDECINE AIGUË

De la théorie aux applications



WORKSHOP INTERREG

25 novembre 2019
HGG AG, rue de Saint-Roch
Avenue des Pâtes 20
1901 Yverdon-les-Bains
Salle D02



Reservations et Informations
www.interreg.ch

Fraud
analytics
.AI

Fraudanalytics.AI conferences

31st October 2019
Y-Parc, Yverdon-les-Bains

www.stephan-robert.ch/news-press/



chef de file côté suisse : Pr Thibaut Desmettre
chef de file côté français : Pr Oussama Barakat



Coût total du projet : 2 471 325,74 € / 2 424 370 CHF
dont : Subvention FEDER : 1 067 319,96 €
Subvention fédérale Interreg suisse : 340 016 CHF soit 346 601,65 €
Subventions cantonales : 200 000 CHF soit 203 873,60 €
50 000 CHF soit 50 968,40 € pour le canton de Genève ;
60 000 CHF soit 61 162,08 € pour le canton de Neuchâtel ;
90 000 CHF soit 91 743,12 € pour le canton de Vaud.

Contexte

Les risques et les menaces ont évolué durant ces dernières années, ils ont changé de nature et de forme : menaces terroristes, risques infectieux émergents et épidémiques, crises climatiques.... Le risque de crises simultanées ou successives est une réalité. De plus, la fragilité des systèmes et des organisations sanitaires en regard de ces situations a conforté la nécessité d'une anticipation et préparation en amont, afin de limiter l'impact sur le système de santé et en particulier sur les soins courants. L'organisation des systèmes de soins autour des situations sanitaires exceptionnelles (SSE) doit prendre en compte l'ensemble des risques auxquels ces systèmes peuvent être confrontés.

Objectifs

Le projet GESICA vise la conception et le développement d'un système intelligent dédié aux SSE. Celui-ci sera capable non seulement d'agréger des données hétérogènes provenant de sources diverses pour détecter et analyser les signaux faibles d'une SSE et donner l'alerte avec anticipation, mais aussi de proposer des scénarii de gestion et d'optimisation des moyens.

Valeur ajoutée

Le projet va participer à une meilleure efficacité des soins et une réduction des coûts de santé grâce à la mise en réseau et à la collaboration entre les acteurs de la recherche ainsi qu'à la mutualisation de leurs connaissances. La coopération transfrontalière entre autorités de santé publique se trouvera renforcée grâce à l'identification des défis et des obstacles dans la gestion des SSE et l'optimisation des plans d'actions. In fine, ce projet va permettre au territoire franco-suisse lors de situations liées aux épidémies, au changement climatique tel que les canicules ... de se positionner en tant que pôle d'excellence en santé publique.

Résultats attendus

Le système intelligent GESICA proposera de manière théorique des plans de gestion de cette SSE à différentes échelles, locales, régionales et transfrontalières propres à l'espace Interreg France - Suisse. Il sera possible de proposer des scénarii pour la gestion rétroactive de cette SSE et de les comparer à ceux qui avaient été proposés par les autorités de santé, afin de pointer les gains en temps et en qualité d'optimisation des moyens et d'offre de soins. Enfin, le système GESICA sera étendu à une autre classe de SSE, en se focalisant sur les signaux faibles et en proposant des scénarii extrêmement précis de gestion.



INVITATION

LANCEMENT DU PROJET
EUROPÉEN INTERREG
FRANCE-SUISSE GESICA
« GESTION DES SITUATIONS
DE CRISES SANITAIRES »
17 AVRIL 2025, 10H30

HUG Hôpitaux
Universitaires
Genève

 **UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

**UNIVERSITÉ
MARIE & LOUIS
PASTEUR**

 **ne.ch**
RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL

 **canton de
vaud**

 **RÉPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENÈVE**
POST TENERAS LUX

 **Interreg**  Cofinancé par
l'Union Européenne
France – Suisse

 **GESICA**

Pour vous inscrire,
veuillez cliquer
sur le lien vers
le formulaire
d'inscription.

INVITATION

Les Hôpitaux universitaires de Genève (HUG), l'Université de Genève (UNIGE) et l'Université Marie et Louis Pasteur ont le plaisir de vous convier au lancement du projet européen Interreg France-Suisse GESICA.

Jeudi 17 avril 2025 à 10h30

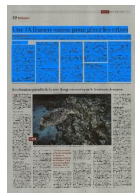
Campus Biotech, Auditorium bâtiment H8
Chemin des Mines 9, 1202 Genève

Programme

- 10h30 Accueil des invités et invitées
- 10h45 Mot de bienvenue suivi d'une présentation d'Hugo Duminil-Copin, mathématicien, professeur à la faculté des sciences de l'Université de Genève et à l'Institut des hautes études scientifiques, médaille Fields de mathématiques 2022
- 11h15 Table ronde de présentation du projet GESICA
- 12h30 Apéritif

RSVP

Pour des raisons d'organisation, nous vous remercions de nous confirmer votre présence **avant le 7 avril 2025**.



Une IA franco-suisse pour gérer les crises

COLLABORATION Les Hôpitaux universitaires de Genève et l'Université Marie & Louis Pasteur de Besançon s'associent au sein du projet scientifique transfrontalier Gesica. Le but est de développer un système basé sur l'IA d'aide à la gestion des prochaines crises sanitaires

AURÉLIE COULON

Les premiers mois de la pandémie de Covid-19, les hôpitaux suisses avaient pris en charge une cinquantaine de patients français, alors que les hôpitaux de la région du Grand Est étaient arrivés à saturation. Des médicaments, comme le curare pour traiter les personnes en soins intensifs, les masques et d'autres équipements manquaient. Aurait-on pu mieux anticiper ces problèmes de stock et de surcharge des services hospitaliers? Sûrement, selon les membres du projet de coopération scientifique transfrontalière Gesica, qui a été lancé officiellement ce jeudi au Campus Biotech à Lausanne. Porté par les Hôpitaux universitaires genevois (HUG) et l'Université Marie & Louis Pasteur de Besançon, avec l'aide d'une vingtaine de partenaires universitaires et industriels de Suisse romande et de France voisine, Gesica vise à développer une plateforme informatique basée sur l'intelligence artificielle (IA) pour aider à anticiper et gérer les prochaines crises sanitaires.

Cet outil cherche à pouvoir détecter de manière précoce les signaux faibles, ces indicateurs à bas bruit de la crise à venir (comme l'apparition de clusters de malades), proposer des scénarios de réponses possibles, et aider à gérer le matériel et les effectifs du personnel soignant. Un projet ambitieux qui repose sur l'analyse de quantités massives de données. Il est financé à hauteur d'environ 2,5 millions de francs par l'Union européenne, la Confédération, les cantons de Genève, de Neuchâtel et de Vaud, dans le cadre du programme européen Interreg de coopération entre les régions de l'UE ainsi qu'avec les pays partenaires.

Prendre le temps de se préparer

«La pandémie de Covid-19 est dans toutes les mémoires, et nous voudrions la laisser derrière nous. Mais, au

contraire, il ne faut pas l'oublier, car ce genre de crise sanitaire va se reproduire, a affirmé Thibaut Desmettre, médecin chef du Service des urgences aux HUG, un des initiateurs du projet Gesica, participant à la table ronde organisée à Genève. Quand l'Italie était frappée par la vague Covid-19, nous ne voulions pas croire que cela arriverait en Suisse. Les humains ont tendance à ne pas voir ce qui risque de chambouler leur vie. Pour éviter ce biais cognitif, il faut des outils, pour anticiper la crise et prendre le temps de s'y préparer.»

Le projet Gesica est le prolongement d'un premier projet transfrontalier, appelé SIA-REMU, dont le but était d'améliorer la performance de la gestion des appels d'urgences du 115 en France et 144 en Suisse, en utilisant l'IA. «Dans le cadre de SIA-REMU, nous avons montré qu'il était possible par exemple de prédire le nombre de patients qui allaient venir le lendemain ou le jour suivant aux urgences, en prenant en compte différents facteurs, comme le déroulement d'un événement, les conditions météorologiques, etc., explique Stephan Robert, professeur en science des données à la HEIG-VD. Nous avons aussi développé un outil de calcul des risques, à partir de données du CHUV, qui permet d'optimiser le déploiement des ambulances sur le territoire vaudois.»

L'IA qui sera développée pour Gesica s'appuie sur un «grand modèle de langage» (en anglais «large language model» ou LLM), qui repose sur des réseaux de neurones entraînés pour comprendre et analyser du texte. «Les LLM nous permettant de prendre en compte des masses de données comme des tableaux Excel, les réseaux sociaux, les appels aux numéros d'urgences ou encore les dossiers médicaux», ajoute Stephan Robert.

La frontière, un obstacle pour les échanges de données

Douglas Teodoro, spécialiste des IA à l'Université de Genève, mènera pour Gesica l'étude de différents modèles de LLM, afin de trouver le plus adapté pour la gestion de crise sanitaire. Il a expliqué: «Nous allons travailler avec des modèles dits «discriminatifs», qui analysent statistiquement les données et les trient, et sont différents des IA génératrices de texte comme ChatGPT, que le public connaît.»

Un des gros défis pour le scientifique, c'est l'évaluation de la fiabilité du modèle. «Une de mes collègues entraîne justement une LLM à faire le tri entre les bonnes et les mauvaises informations de santé qui existent sur internet. Celles-ci pourraient noyer les signaux faibles que l'on recherche», a précisé l'expert.

Reste la question de la gouvernance de toutes ces données issues de la population. «Elles seront récoltées et analysées par les IA dans chaque pays séparément car la législation n'est pas la même en Suisse et en France. Nous avons lancé les démarches nécessaires auprès des autorités compétentes de chaque côté de la frontière, a annoncé Oussama Barakat, enseignant-chercheur, responsable de l'axe IA-Santé à l'Université Marie & Louis Pasteur. Nous espérons pouvoir mettre ces analyses en commun.»

L'avancement de Gesica sera présenté dans une année, lors d'un atelier réunissant tous les participants. Le projet est prévu pour une durée de trente mois. ■

www.stephan-robert.ch/research

Last five years: > 5 mios CHFs funding



<https://www.stephan-robert.ch/research/projects/>

Network Architecture Search

- **Objective:** Evaluate and compare three Neural Architecture Search (NAS) strategies for predicting financial time series.
- **Research question:** How effective are Bayesian Optimization, Hyperband, and Reinforcement Learning in optimizing neural architectures for financial forecasting?
- **Datasets:** Multivariate time series for Japanese, German, and US bond markets, with the task of binary classification (predicting whether the target feature will increase or decrease in 5-10 days).

Methodology, NAS Strategies:

1. **Bayesian Optimization:**
Uses Gaussian Processes or Tree-structured Parzen Estimators (TPE) to intelligently guide the search for the best architecture.
2. **Reinforcement Learning:**
Treats NAS as a reinforcement learning problem with a controller RNN.
3. **Hyperband:** Successive halving method that selects the most promising models while discarding underperformers early.

- **Best results:** LSTM with Hyperband on the German dataset (AUC = 0.56) and CNN with Bayesian Optimization on the Japan dataset (AUC = 0.54).
- Performance was highly sensitive to random initialization (seed), leading to variability in results.
- No strategy achieved strong performance on US data, suggesting significant market dynamics changes.
- **Future work:** Explore more advanced NAS techniques and apply the models to non-financial datasets for broader validation.

Distributional Reinforcement Learning

Research question: How can distributional Reinforcement Learning (RL) algorithms be used to develop risk-averse trading strategies for natural gas futures?

Context:

- The natural gas futures market is highly volatile, influenced by events like COVID-19 and the Russia-Ukraine conflict.
- The goal is to create trading policies that not only maximize profits but also minimize risks using distributional RL approaches.

Algorithms Studied: Categorical Deep Q-Network (C51), Quantile Regression Deep Q-Network (QR-DQN), Implicit Quantile Network (IQN)

Objective: Compare these distributional RL approaches to five baseline models, including four traditional RL agents and one Machine Learning (ML) model from Predictive Layer SA.

Risk Measure: Conditional Value-at-Risk (CVaR) is used to enhance risk-aversion in trading strategies.

Key Results:

- Distributional RL algorithms outperform the baselines, with C51 showing a performance increase of over 32%.
- C51 and IQN allow for the development of risk-averse trading policies that can be tailored to different levels of risk sensitivity.
- Risk-aversion Adjustment: Lower confidence levels in CVaR correlate with higher risk aversion, especially for IQN and C51.

Future Direction: Distributional RL shows significant potential for developing risk-averse trading strategies in volatile markets

Can Linear Algebra Create Perfect Knockoffs?

- **Research question:** Can we construct "perfect" knockoffs using linear algebra instead of relying on sampling from a correct multivariate distribution?
- **Model-X Knockoffs:** Knockoffs are constructed to resemble the original features, ensuring they have no predictive power of the response
- The construction must satisfy: $(X, \tilde{X})_{\text{swap}(S)} \stackrel{d}{=} (X, \tilde{X})$ for any subset S , where $\tilde{X}$ are the knockoffs of features X
- **Objective:** Use linear algebra to construct knockoffs that match the moments of the original features up to the 4th moment (correlation, coskewness, and cokurtosis).

Methodology and Constraints

Statistical Moment Constraints: The (standardized) (m, k) -moment between two variables X and Y is defined as:

$$\mu_{m,k}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu_1(X))^k (y_i - \mu_1(Y))^{m-k}}{(\mu_2(X))^{k/2} (\mu_2(Y))^{(m-k)/2}}$$

where:

$$\mu_1(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \mu_2(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_1(X))^2$$

Optimization Goal: Minimize the squared correlations between the features and their knockoffs:

$$\min \sum_{i=1}^p (\mu_{2,1}(X_i, \tilde{X}_i))^2$$

Results

- **Key Findings:** The algorithm generates "pseudo-perfect" knockoffs that match the moments of the original features up to the 4th moment. However, the computation is computationally expensive.
- **Performance:**
 - Small datasets (e.g., $p = 4$) allow quick convergence of the optimization process
 - As the number of features p increases, the complexity and computation time grow significantly.
- **Future Directions:** The method can be further optimized by reducing the number of constraints or by improving computational efficiency. Additionally, understanding the optimal number of iterations for generating knockoffs with minimal correlation is crucial for balancing accuracy and computational cost.

1. Denis Levchenko, Félicien Hêche, Efstratios Rappos, Biagio Nigro, Stephan Robert-Nicoud, **Chain-structured neural architecture search for financial time series forecasting**, *arXiv:2403.14695v1, submitted*
2. Félicien Hêche, Biagio Nigro, Oussama Barakat, Stephan Robert-Nicoud, **Risk-averse policies for natural gas futures trading using distributional reinforcement learning**, *submitted to Expert Systems With Applications, Elsevier.*
3. Christopher Hemmens, Stephan Robert-Nicoud, **Can linear algebra create perfect knockoffs?** *International Conference on Big Data and Internet of Things (BDIoT'24), Fez, Morocco, April 17-19, 2024 (proceedings with Springer)*
4. Félicien Hêche, Philipp Schiller, Oussama Barakat, Thibaut Desmettre, Stephan Robert-Nicoud, **Assessing the Impact of External Factors on the Occurrence of Emergencies: A Comprehensive Quantitative Analysis**, accepted for the *Socio-Economic Planning Sciences Journal, Elsevier, 2024*
5. Francisco Simore, Félicien Hêche, Oussama Barakat, Thibaut Desmettre, Tania Marx, Stephan Robert-Nicoud **Optimizing Emergency Medical Services: A Comparative Study of Mathematical Models for Ambulance and Station Location and Relocation in Switzerland**, submitted
6. Félicien Hêche, Oussama Barakat, Thibaut Desmettre, Tania Marx, Stephan Robert-Nicoud, **Offline Reinforcement Learning in High-Dimensional Stochastic Environments, Neural Computing and Applications (NCAA)**, Springer Nature, October, 2023
7. Mohamed Embarki, Dongjung Wei, Coralie Vaucherey, Oussama Barakat, Omar Elfahim, Kokou Laris Edjinedja, Thibaut Desmettre, Stephan Robert-Nicoud, **Extraction of emotional prosody from telephone calls to hospital emergency medical dispatch services in France and Switzerland**, Langages, Armand Colin, 2024
8. Félicien Hêche, Oussama Barakat, Thibaut Desmettre, Stephan Robert-Nicoud, **Inhomogeneous Poisson Process for Ambulance Dispatch**, IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI), May 2024, Orlando, USA
9. Ismail Bouajaja, Omar Bouattane, Oussama Barakat, Stephan Robert-Nicoud, **Towards a Generic Data-Driven Model for Optimal Health Service**, International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV), DOI: 10.1109/ISCV60512.2024.10620078, May 8-10, Fez, Morocco, 2024
10. Félicien Hêche, Oussama Barakat, Thibaut Desmettre, Tania Marx, Stephan Robert-Nicoud, **Inhomogeneous Poisson Process for Ambulance Relocation**, ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science, November 13-16, Hamburg, Germany, 2023
11. Dongjun WEI, Mohamed Embarki, Oussama Barakat, Coralie Vaucherey, Thibaut Desmettre, Tania Marx, Stephan Robert-Nicoud, **Reconnaissance automatique des expressions émotionnelles dans la parole naturelle : le cas des patients dans des appels d'urgence à Besançon et à Lausanne**, Actes des 9èmes Journées de Phonétique Clinique, Université de Toulouse - Jean Jaurès, 2023
12. Francisco José Simore, Félicien Hêche, Oussama Barakat, Thibaut Desmettre, Tania Marx, Stephan Robert-Nicoud, **Optimizing Emergency Medical Services: A Comparative Study of Mathematical Models for Ambulances and**

New Clever Deep Applications

- ❑ “What time would a crocodile do in a 110m hurdles competition ?” [Gary Marcus]



Dall-e 2 (04/22 by OpenAI): “An astronaut riding a horse in a photorealistic/Andy Warhol style”

Self-Supervised Learning

- ❑ Self-Supervised Learning (SSL) similarly to unsupervised learning is a methodology that can learn complex patterns from unlabeled data.
- ❑ SSL uses a **pretext** or auxiliary task **to learn data representations in the latent space** in an unsupervised way. Then, it uses those representations to process new inputs or in different tasks to be learned in a supervised way.
- ❑ Examples: learn to output the same input data (auto-encoder), mask parts of data and try to predict (e.g., LLMs)

Learning music style

- ❑ Researchers from Google demonstrated "CocoNet" on March 21, 2019, (Bach's birthday), a tool that harmonizes compositions in a style that mimics Bach's.
- ❑ To achieve this, they randomly deleted notes in 306 choral compositions by Bach and trained an artificial neural network to predict the missing notes.

BWV 364

Je - sus Chri - stus Hei - land, der den Tod ü - ber -

Chri - stus un - ser Hei - land, der den Tod ü - ber -

Je - sus Chri - stus un - ser Hei - land, der den Tod ü - ber -

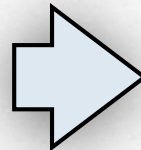
Je - sus Chri - stus Hei - land, der den Tod ü - ber -

wand, auf er - stan - den, die Sünd hat er ge -

wand, ist auf - er - stan - den, die Sünd hat er ge -

wand, ist - stan - den, die Sünd hat er ge -

wand, ist auf - er - stan - den, die Sünd hat er ge -



BWV 364

Je - sus Chri - stus un - ser Hei - land, der den Tod ü - ber -

Je - sus Chri - stus un - ser Hei - land, der den Tod ü - ber -

Je - sus Chri - stus un - ser Hei - land, der den Tod ü - ber -

Je - sus Chri - stus un - ser Hei - land, der den Tod ü - ber -

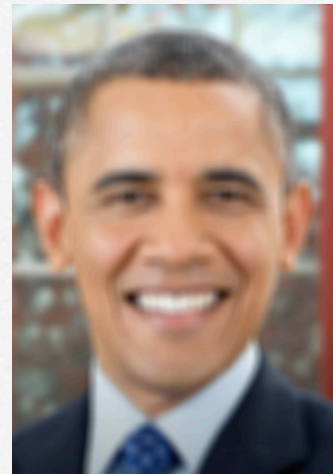
wand, ist auf er - stan - den, die Sünd hat er ge -

wand, ist auf - er - stan - den, die Sünd hat er ge -

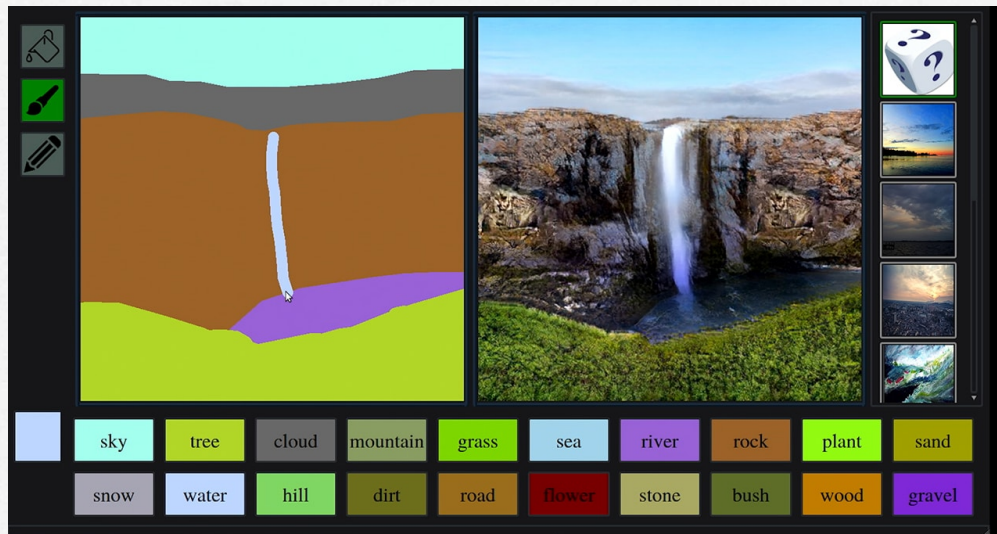
wand, ist auf - er - stan - den, die Sünd hat er ge -

wand, ist auf - er - stan - den, die Sünd hat er ge -

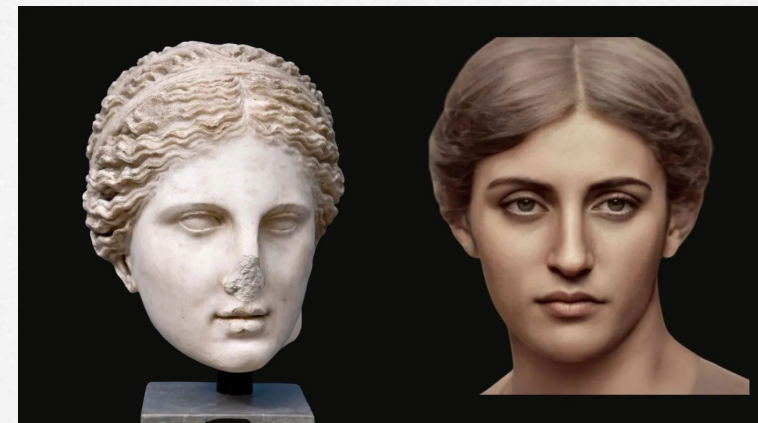
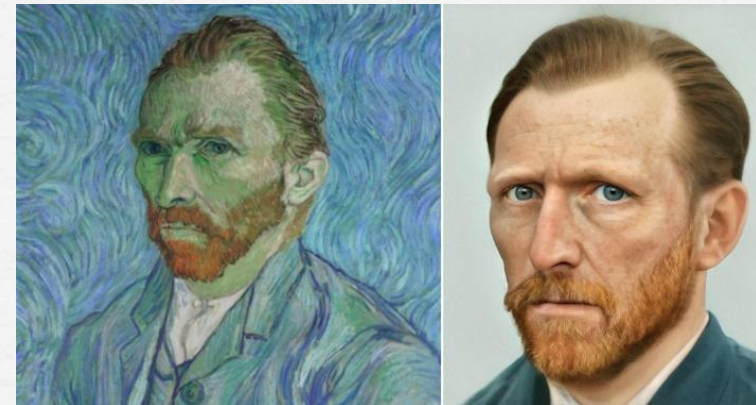
Super-resolution & colorization



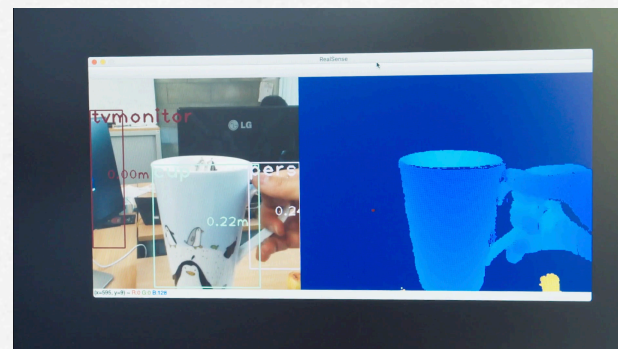
Photorealistic image generation



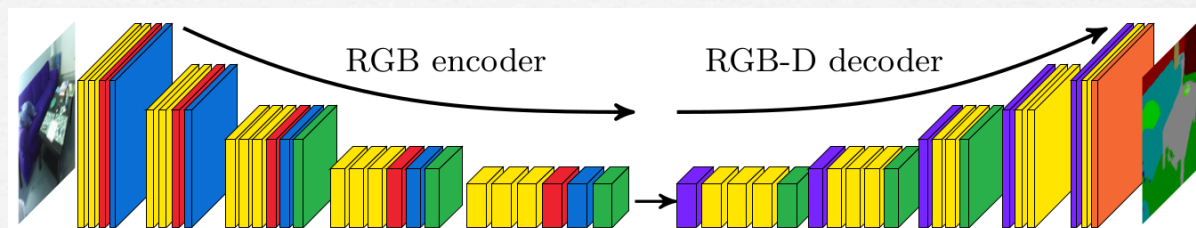
Nvidia's GauGAN



Depth/skeleton estimation

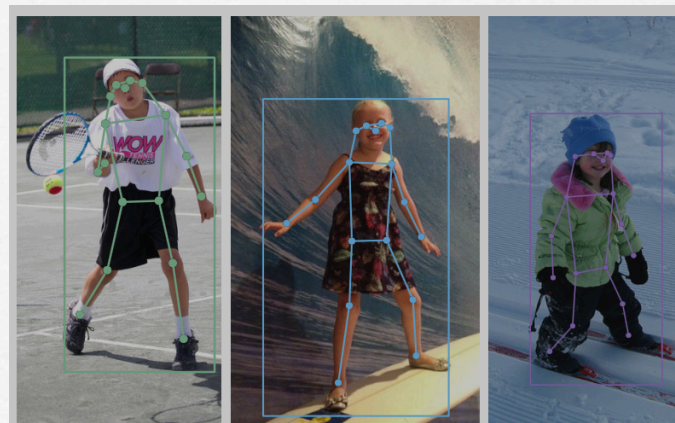


RGB

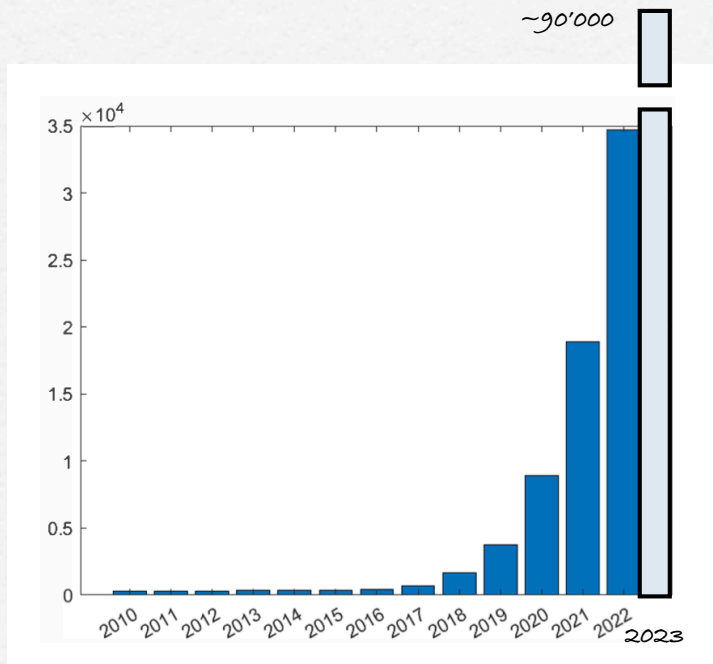


MiDaS 3D estimation

RGB

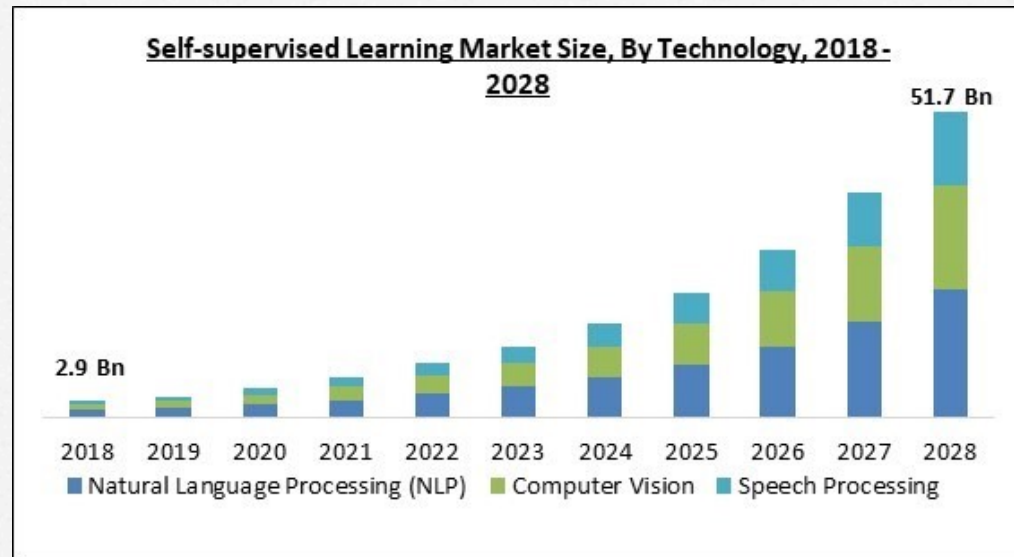


SSL: a fast-growing sector



Google Scholar search results for
"self-supervised learning"

<https://arxiv.org/pdf/2301.05712.pdf>



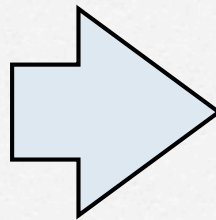
<https://www.researchandmarkets.com/reports/5673657/global-self-supervised-learning-market-size>

Towards endowing machines with common sense



Yann LeCun
NY University
Chief AI Meta

“Self-supervised learning is one of the most promising ways to build **background knowledge** and approximate a form of **common sense in AI** systems.”



Multi-modal
language models