

Royaume du Maroc

Haut Commissariat au Plan

Institut National de Statistique
et d'Economie Appliquée
INSEA



المملكة المغربية

المنووية السامية للتخطيط

المعهد الوطني لإحصاء
والاقتصاد التطبيقي

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES

Sciences, Ingénierie et Développement Durable

(CeDoc-SIDD)

LABORATOIRE GEAS3D

Laboratoire Genre, Economie, Actuariat, Statistique, Démographie et Développement Durable

Appel à candidature pour inscription au Doctorat au titre de l'année 2025

Liste des sujets proposés

05 Novembre 2024

Méthodes pour l'apprentissage statistique sur les données massives.

Résumé :

L'explosion et la profusion des données disponibles soulèvent de nouveaux défis, de nouvelles opportunités dans de très nombreuses disciplines avec, potentiellement, de forts impacts scientifiques. La science des données se présente aujourd'hui comme une des disciplines avec un haut potentiel innovateur.

L'apprentissage automatique ou l'apprentissage statistique consiste en la conception et le développement de méthodes permettant à une machine d'apprendre à exploiter des données, principalement dans un but explicatif ou prédictif.

Ce sujet vise à présenter et à développer les méthodes d'apprentissage statistique (la Régression logistique, la Régression PLS, ACP et PLS parcimonieuses, l'analyse discriminante décisionnelle, les Arbres binaires de décision, les Machines à vecteurs supports) dans le cadre de la réduction et la classification des données pour détecter leurs limites et ensuite proposer des approches alternatives pour pallier à ces limites. Il est également crucial de veiller à leur véracité, leur précision, leur pertinence par rapport au domaine dans lequel elles sont étudiées.

Mots clés : Données massives, réduction et classification des données, Apprentissage statistique, prévision.

Références :

Tuffery S. (2017). Modélisation prédictive et apprentissage statistique avec r. Editions TECHNIP. ISBN : 9782710811787.

Tuffery S. (2017). Data Mining et statistique décisionnelle. Éditions TECHNIP. ISBN : 9782710811800.

Modélisation de la structure de dépendance par les copules

Résumé :

Mesurer la dépendance entre deux ou plusieurs variables aléatoires est une pratique largement répandue par les statisticiens. Un riche ensemble de mesures de dépendance entre les variables aléatoires a été proposé comme le coefficient de corrélation de Pearson, le tau de Kendall, le rho de Spearman,...etc. Bien que ces mesures soient simples à calculer et peuvent être facilement interprétées, elles ne sont pas en mesure de détecter toutes les formes de dépendances. Donc il était indéniable de trouver un autre moyen pour résoudre ce problème. En effet, la fonction "copule" a l'avantage de modéliser complètement la dépendance entre les variables aléatoires.

Les copules sont devenues en quelques années un outil important, pour modéliser les risques multivariés (entre autres). Elles permettent de coupler les lois marginales afin d'obtenir une loi multivariée. Sklar (1959) a élaboré un théorème fondamental dans la théorie des copules qui permet la liaison entre la densité conjointe d'un vecteur aléatoire et ses densités marginales.

La théorie des copules permet de construire des modèles paramétriques pour la loi jointe de plusieurs variables aléatoires réelles dépendantes. En pratique, elle est de plus en plus utilisée en assurance, finance, environnement, la biologie... etc, pour modéliser de manière plus réaliste la loi jointe de plusieurs "risques".

Le choix de la copule représente la première difficulté dans la mise en pratique de la modélisation de la dépendance. Les chercheurs impliqués dans cet axe de recherche doivent avoir une grande connaissance des méthodes statistiques de base des séries chronologiques et des logiciels statistiques tels que SPSS, R, Python, etc.

Mot clés : Théorie des copules, Distributions marginales ; Fonctions de dépendance ; familles de copules (elliptiques ; archimédiennes ; ...), Chi-plots ; Tau de Kendall, Préviation.

Références :

Sklar, A. (1959) Fonctions de Répartition à n Dimensions et Leurs Marges. Publications de l'Institut Statistique de l'Université de Paris, 8, 229-231.

Modélisation des valeurs extrêmes

Résumé :

La modélisation des événements extrêmes (ouragan, tremblement de terre ou inondation, crises financières, krachs, chocs pétroliers) est aujourd'hui un champ de recherches particulièrement actif, notamment par l'importance de leurs impacts économiques et sociaux. En particulier, depuis quelques années, on note un intérêt croissant pour l'application de la Théorie des Valeurs Extrêmes (TVE) pour la modélisation de tels événements.

La TVE permet d'évaluer les événements rares et les pertes associées à leur apparition. En d'autres termes lorsqu'une perte importante survient, cette théorie permet d'en évaluer l'ampleur. Les résultats théoriques sur le comportement stochastique des extrêmes d'échantillon qu'offre la TVE permettent de proposer un cadre mathématique rigoureux pour réaliser de telles extrapolations. De plus cette théorie acquiert une importance particulière du fait qu'elle s'intéresse directement à la queue de la loi. En fait seules les données extrêmes sont utilisées pour estimer les paramètres des modèles de la TVE ce qui assure un meilleur ajustement du modèle à la queue de la loi.

Les chercheurs impliqués dans ce sujet seront amenés à faire une revue synthétique des méthodes existantes pour l'analyse des valeurs extrêmes afin de pouvoir développer des nouvelles méthodes. Ils seront aussi confrontés aux difficultés de cette étude qui réside dans la rareté des événements étudiés, qui nécessite un grand nombre d'expériences, surtout que parmi les objectifs principaux de la TVE est la prévision des événements rares.

Mot clés : Théorie des valeurs extrêmes ; Loi de Pareto généralisées; Loi généralisée des valeurs extrêmes Temps de retour, Prévision.

Références :

PICKANDS J., Statistical inference using extreme order statistics, Annals of Statistics 3, 1975, p. 119-131.

SMITH R. L., "Estimating tails of probability lois", The Annals of Statistics 3, 1987, p. 1174-1207.

Apprentissage statistique en gestion des risques financiers et actuariels

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

Les progrès constants en matière de performances informatiques au cours des dernières décennies ont largement favorisé l'adoption généralisée de l'apprentissage statistique dans divers secteurs. Dans le domaine de l'assurance, les actuaires se tournent de plus en plus vers ces approches novatrices pour évaluer les risques auxquels ils font face. Parallèlement, dans le domaine financier, plusieurs techniques ont été élaborées en utilisant ces algorithmes afin d'estimer différentes mesures de risque.

C'est dans ce contexte que notre projet de thèse prend forme, visant à explorer comment l'intégration de méthodologies issues de l'apprentissage statistique peut contribuer au développement de la gestion des risques dans les domaines de la finance et de l'assurance. Plus précisément, notre étude se concentrera sur la manière dont de nouvelles méthodes d'apprentissage profond peuvent être mises en œuvre pour estimer les mesures usuelles de risque.

MOTS-CLES

Apprentissage profond; Mesures de risque; VaR; CTE

PROFIL RECHERCHE

Le postulant devra être en possession d'un diplôme de niveau master 2 recherche (ou d'un diplôme d'ingénieur) et devra démontrer une solide expertise en modélisation statistique. Une connaissance préalable de la théorie des mesures de risque serait un atout supplémentaire. De plus, une motivation manifeste pour la recherche ainsi qu'une maîtrise des outils de programmation statistique, de préférence en R ou Python, sont requises.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

REFERENCES

- [1] H. Buehler, L. Gonon, J. Teichmann, and B. Wood. Deep hedging. *Quantitative Finance*, 19(8):1271–1291, 2019.
- [2] M. Dixon, I. Halperin, and P. Bilokon. *Machine learning in finance*, volume 1170. Springer, 2020.
- [3] Y-L. Grize, W. Fischer, and C. Lützelshwab. Machine learning applications in nonlife insurance. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 36(4):523–537, 2020.
- [4] J.B. Heaton, N.G. Polson, and J.H. Witte. Deep learning for finance: deep portfolios. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 33(1):3–12, 2017.
- [5] M. Leo, S. Sharma, and K. Maddulety. Machine learning in banking risk management: A literature review. *Risks*, 7(1):29, 2019.
- [6] P. Piette. *Contributions de l'Apprentissage Statistique à l'Actuariat et la Gestion des Risques Financiers*. PhD thesis, Université de Lyon, 2019.

Modélisation et gestion des risques catastrophiques au Maroc

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

Les risques associés aux catastrophes naturelles, bien que rares, comportent des coûts de sinistralité potentiellement considérables, et leur fréquence d'occurrence a connu une croissance soutenue au cours des dernières décennies. Cette tendance menace directement la stabilité financière des compagnies d'assurance en les confrontant à des coûts croissants. En 2022, les pertes économiques mondiales résultant de catastrophes ont été estimées à environ 284 milliards de dollars par Swiss Re, dont près de 275 milliards de dollars sont attribuables aux catastrophes naturelles. Les dommages non assurés ont, quant à eux, contribué à une perte économique d'environ 151 milliards de dollars.

Le séisme survenu au Maroc le 8 septembre 2023 a accentué l'urgence de mieux comprendre les risques catastrophiques encourus. Il a également mis en évidence l'importance cruciale de la gestion de ces risques pour faire face aux dommages qu'ils engendrent, dommages qui peuvent avoir un impact significatif sur l'économie et le développement du pays.

La littérature propose diverses approches pour la modélisation des risques liés aux catastrophes naturelles. Parmi celles-ci, l'approche stochastique se distingue en simulant d'abord l'événement physique pour ensuite le traduire en termes de pertes financières. Les risques couverts englobent des phénomènes tels que les tremblements de terre, les inondations, les tempêtes de neige, les tornades et la sécheresse. Les compagnies d'assurance se trouvent fréquemment confrontées à la nécessité de développer leurs propres modèles pour appréhender ces types de risques.

Les catastrophes naturelles peuvent avoir un impact dévastateur sur le portefeuille des assureurs. Par conséquent, il leur incombe de modéliser ces risques de manière impérative afin d'optimiser le transfert de risque en cédant une partie de leurs primes à des réassureurs. Cela leur permet également de calculer le niveau de fonds propres requis conformément aux nouvelles réglementations comptables pour faire face à des événements extrêmes et des pics de sinistralité, voire de transférer ce risque sur les marchés financiers.

Ce projet se concentre sur la gestion de ces risques au Maroc, en mettant l'accent sur le développement d'approches actuarielles pour leur modélisation, ainsi que sur l'élaboration de stratégies en vue de leur gestion

MOTS-CLES

Risques catastrophiques; Réassurance; Mesures de risque; Théorie des valeurs extrêmes.

PROFIL RECHERCHE

Le candidat devrait être titulaire d'un diplôme de Master 2 en recherche (ou d'un diplôme d'ingénieur) avec une solide maîtrise des techniques de modélisation statistique et probabiliste. Une connaissance préalable des produits de réassurance et des instruments financiers serait un atout supplémentaire. Il est impératif de démontrer une réelle motivation pour la recherche et de posséder des compétences rédactionnelles de qualité.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

REFERENCES

- [1] J.D. Cummins. Cat bonds and other risk-linked securities: state of the market and recent developments. *Risk management and insurance review*, 11(1):23–47, 2008.
- [2] P. Grossi. *Catastrophe modeling: a new approach to managing risk*, volume 25. Springer Science & Business Media, 2005.
- [3] P. Grossi, H. Kunreuther, and D. Windeler. An introduction to catastrophe models and insurance. In *Catastrophe modeling: A new approach to managing risk*, pages 23–42. Springer, 2005.

Réassurance optimale

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

La réassurance occupe aujourd'hui une place incontournable dans le contrôle et la gestion des risques pour les assureurs. Un traité de réassurance implique le transfert du risque entre la société d'assurance cédante et le réassureur, qui l'accepte en échange d'une prime dont le montant dépend de son appétence pour le risque. Plusieurs types de contrats de réassurance sont disponibles, ce qui soulève naturellement la question du choix optimal pour l'assureur.

La détermination d'une stratégie optimale de réassurance est une démarche classique et cruciale pour toute compagnie d'assurance. Du point de vue opérationnel, la gestion de la réassurance constitue un pilier essentiel de la gestion des risques et de la réduction de l'exposition au risque pour un assureur. D'un point de vue théorique, il s'agit d'un problème d'optimisation mathématique visant soit à minimiser une mesure de risque, soit à maximiser une mesure de performance pour l'assureur, tout en respectant ses contraintes de gestion.

L'importance de développer des stratégies de réassurance efficaces a accordé à la question de la réassurance optimale une place significative dans la littérature de recherche. Depuis Broch (1960) [3], de nombreux articles se sont penchés sur l'analyse de l'optimalité des différents types classiques de traités de réassurance en fonction de l'aversion au risque de l'assureur et des méthodes de tarification employées par le réassureur.

Dans le cadre de ce projet de thèse, notre objectif est d'examiner l'optimalité d'un plan de réassurance en prenant en compte à la fois l'aversion au risque de l'assureur et celle du réassureur, en les modélisant au moyen de nouvelles mesures de risque.

MOTS-CLES

Réassurance optimal; Aversion au risque; Mesures de risque; Quote-part, Stop-Loss, Excess of Loss.

PROFIL RECHERCHE

Le candidat recherché devrait être titulaire d'un diplôme de master 2 recherche en actuariat ou mathématiques appliquées. Il est essentiel de disposer de solides compétences en modélisation statistique et probabiliste. Une connaissance préalable des traités de réassurance serait un atout supplémentaire. De plus, il est impératif de démontrer une forte motivation pour la recherche appliquée et de posséder d'excellentes compétences en rédaction.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

REFERENCES

- [1] A. Balbás, B. Balbás, and A. Heras. Optimal reinsurance with general risk measures. *Insurance: Mathematics and Economics*, 44(3):374–384, 2009.
- [2] C. Bernard and W. Tian. Optimal reinsurance arrangements under tail risk measures. *Journal of risk and insurance*, 76(3):709–725, 2009.
- [3] K. Borch. The safety loading of reinsurance premiums. *Scandinavian Actuarial Journal*, 1960(3-4):163–184, 1960.
- [4] Y. Chi and K. Tan. Optimal reinsurance with general premium principles. *Insurance: Mathematics and Economics*, 52(2):180–189, 2013.
- [5] W. Cui, J. Yang, and L. Wu. Optimal reinsurance minimizing the distortion risk measure under general reinsurance premium principles. *Insurance: Mathematics and Economics*, 53(1):74–85, 2013.

Théorie de la Ruine : Aspects Multidimensionnels

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

La probabilité de ruine d'une compagnie d'assurance se définit comme la probabilité qu'un moment survienne où les réserves de la compagnie deviennent négatives. La littérature abonde en diverses méthodes mathématiques pour estimer ces probabilités, et de nombreux résultats théoriques ont été obtenus, en grande partie grâce à la théorie de renouvellement, dans le cadre du modèle Cramer-Lundberg.

Ce projet se concentre sur les aspects multidimensionnels de la théorie de la ruine et leur application dans l'analyse de la solvabilité en assurance. Nous examinons les probabilités de ruine dans le contexte de modèles multivariés de risque et explorons les probabilités de ruine multivariées dans le cas des groupes d'assurance. Pour modéliser les dépendances, nous faisons appel à la théorie des copules. Pour étudier le comportement asymptotique des probabilités de ruine, nous nous appuyons sur les avancées récentes de la théorie des valeurs extrêmes multivariées.

Ce projet vise ainsi à approfondir notre compréhension des probabilités de ruine dans des contextes multidimensionnels, ce qui revêt une grande importance dans le secteur de l'assurance et de la gestion des risques.

MOTS-CLES

Théorie de la ruine; Théorie de renouvellement; Probabilités multivariées de ruine; Modèle Cramer-Lundberg; Copules; Théorie des valeurs extrêmes.

PROFIL RECHERCHE

Le candidat devra être détenteur d'un diplôme de master 2 recherche (ou d'un diplôme d'ingénieur) avec une solide maîtrise de la théorie des probabilités. Une familiarité avec les outils de la théorie de la ruine serait un atout supplémentaire. Il est essentiel de démontrer un fort engagement envers la recherche théorique et de posséder d'excellentes compétences techniques.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

REFERENCES

- [1] S. Asmussen and H. Albrecher. *Ruin probabilities*, volume 14. World scientific, 2010.
- [2] J. Cai and H. Li. Multivariate risk model of phase type. *Insurance: Mathematics and Economics*, 36(2):137–152, 2005.
- [3] J. Cai and H. Li. Dependence properties and bounds for ruin probabilities in multivariate compound risk models. *Journal of Multivariate Analysis*, 98(4):757–773, 2007.
- [4] C. Lefèvre and S. Loisel. On finite-time ruin probabilities for classical risk models. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2008(1):41–60, 2008.

Gestion des risques en finance et assurance islamiques

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

La finance éthique vise à développer des produits financiers solidaires, participatifs et conformes aux principes juridiques et éthiques de l'islam. Elle se distingue nettement de la finance conventionnelle sur plusieurs aspects. Par sa définition même, elle repose sur une philosophie unique, basée sur les principes de justice sociale, d'équité et d'équilibre. Pour y parvenir, elle intègre des lois, des pratiques, des procédures et des instruments visant à maintenir et promouvoir le partage et l'équité.

Il existe plusieurs points saillants qui permettent de mettre en évidence les différences entre le fonctionnement de la finance islamique et celui de la finance conventionnelle. De ce fait, les produits éthiques pratiqués par les banques et les sociétés de placement, conformes aux principes de distinction, incluent généralement Mudharabah, Musharakah, Murabaha, As-Salam et Istisna.

En outre, l'assurance takaful connaît un développement significatif, en particulier en Asie, dans les pays du Golfe et en Angleterre. Plusieurs modèles sont adoptés sur les marchés développés, notamment les modèles Mudharabah, Tabarru, Wakala et Waqf. Cependant, cette industrie continue de faire face à d'importants défis, principalement d'ordre technique. Les outils de gestion des risques et de contrôle de solvabilité nécessitent un renforcement pour accompagner la croissance de ce marché. Des problématiques actuarielles classiques, telles que la détermination des provisions techniques, la tarification des différents produits et le calcul des fonds propres, exigent une analyse approfondie, tenant compte des contraintes et spécificités de l'assurance islamique, et appellent des modèles solides.

Partant de ce constat, ce projet de thèse se propose d'explorer les problématiques suivantes :

- (1) Les produits éthiques requièrent-ils des modèles et des principes similaires à ceux de la finance conventionnelle ?
- (2) Quels modèles mathématiques sont applicables à ces produits ?
- (3) Quelles sont les différences actuarielles entre les produits Takaful et ceux de l'assurance conventionnelle ?
- (4) Comment modéliser et gérer les risques encourus par l'assurance Takaful ?

MOTS-CLES

Finance islamique; Takaful; Musharakah; Murabaha; As-Salam; Istisna; Mudharabah; Tabarru; Wakala; Waqf; Sukuk

PROFIL RECHERCHE

Le candidat devrait être détenteur d'un diplôme de niveau M2 ou d'un diplôme d'ingénieur en actuariat ou en finance. Il est impératif de démontrer une expertise dans les techniques de gestion des risques en finance et assurance, ainsi qu'une forte motivation pour analyser de nouveaux produits financiers.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

REFERENCES

- [1] S.N. Ali and S. Nisar. Takaful and islamic cooperative finance: Challenges and opportunities. 2016.
- [2] L. Ghazali and M. Mamat. Mathematical modelling in family takaful. *Journal of applied sciences*, pages 3381–3388, 2011.
- [3] A. Hassan and S. Mollah. *Islamic finance: ethical underpinnings, products, and institutions*. Springer, 2018.
- [4] S.A. Rosly. Critical issues on islamic banking and financial markets: Islamic economics, banking and finance, investments. *Takaful, and Financial Planning*, 373, 2005.
- [5] A. Wahab, M. Lewis, and M.K. Hassan. Islamic takaful: Business models, shariah concerns, and proposed solutions. *Thunderbird International Business Review*, 49(3):371–396, 2007.

Évaluation des régimes de retraite au Maroc

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

Le Maroc s'engage actuellement dans un projet d'envergure visant à généraliser la couverture sociale à l'ensemble de sa population. Conformément à la loi-cadre sur la protection sociale adoptée le 11 février 2021, cette généralisation de la protection sociale globale repose sur quatre axes majeurs, dont l'élargissement de la base des affiliés aux régimes de retraite d'ici 2025. Cette initiative souligne l'importance cruciale de la réforme des systèmes de retraite au Maroc.

En effet, le système national de retraite, composé à la fois de volets de répartition et de capitalisation, est confronté à des défis considérables. Ces défis incluent l'épuisement des réserves projetées, la complexité de l'atteinte de l'équilibre financier, les implications de la révision de la valeur des pensions, la nécessité d'élargir la base des cotisations, l'optimisation de l'allocation des actifs, ainsi que la gestion des divers risques actuariels.

Dans cette optique, le Maroc doit se préparer dès à présent à faire face à la transition démographique qui touche déjà les pays du Nord. L'augmentation de l'espérance de vie observée au fil des années et le vieillissement de la population (prévoyant une augmentation du nombre de personnes âgées de 60 ans et plus au Maroc, passant de 2,7 millions en 2010 à près de 10,1 millions en 2050, soit de 8,1 % de la population totale en 2010 à 24,5 % en 2050) représentent des défis de taille pour les régimes de retraite marocains. Il est donc essentiel d'appréhender efficacement la valorisation et la gestion de ces risques afin d'assurer la durabilité de notre système de retraite et la viabilité financière de ses fonds.

Dans cette perspective, ce projet de recherche vise à approfondir l'analyse des problématiques rencontrées dans les secteurs de la retraite et de la prévoyance sociale, et à formuler des propositions offrant des solutions efficaces pour garantir la durabilité et la pérennité de ces systèmes au Maroc.

MOTS-CLES

Retraite; Régimes par répartition; Régimes par capitalisation; Risque de longévité; Tables de mortalité.

PROFIL RECHERCHE

Le candidat doit être titulaire d'un diplôme de niveau Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur en actuariat et gestion des risques. Il doit démontrer une connaissance approfondie dans les domaines de la retraite et de la protection sociale, ainsi qu'une maîtrise des outils de mathématiques actuarielles, notamment en assurance vie. De plus, il est nécessaire de posséder des compétences avancées en rédaction et une base suffisante en programmation en R/Python pour la génération de scénarios économiques aléatoires.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

REFERENCES

- [1] J-M. Aubert. Comparaison du rendement des régimes de retraite: une approche par cas-types. *Économie et statistique*, 328(1):61–79, 1999.
- [2] F. Guillot. *Modélisation du risque de longévité avec applications en assurance et régime de retraite*. Bibliothèque et Archives Canada, Ottawa, 2007.
- [3] B. Palier. *Réformer les retraites*. Presses de Sciences Po, 2021.
- [4] M. Rhomari. *La réforme des systèmes de retraite dans les pays en développement et l'extension de la couverture à l'emploi informel: Application au Maroc*. PhD thesis, Université Paris Dauphine-Paris IX, 2015.

Évaluation des normes marocaines de solvabilité pour les compagnies d'assurance

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

La réglementation marocaine accorde une place centrale à la gestion des risques au sein des compagnies d'assurance, en s'appuyant sur la nouvelle norme Solvabilité basée sur les risques (SBR). Inspirée de la norme européenne Solvabilité 2, cette évolution réglementaire vise principalement à garantir une meilleure protection de l'assuré, en exigeant de l'assureur une quantification plus précise et une gestion plus rigoureuse de ses risques. Cette avancée réglementaire transformera de manière significative la stratégie d'investissement des institutions financières.

En effet, tandis que l'ancien cadre prudentiel se contentait d'une approche simplifiée du risque en soustrayant une marge de solvabilité d'un pourcentage des provisions techniques, la SBR repose sur une approche plus sophistiquée basée sur la gestion et la modélisation des risques, en intégrant la notion de valeur de marché. Cela entraîne une plus grande volatilité dans les informations communiquées. Dans le cadre de cette nouvelle réglementation, actuellement en cours de mise en œuvre progressive, les compagnies d'assurance doivent établir leur capital économique, également connu sous le nom de Capital de Solvabilité Requis, en fonction des risques auxquels elles sont exposées. Ce capital leur permet de faire face à une éventuelle situation de crise économique sur une période d'un an, avec une probabilité de 99,5 %.

Deux approches sont envisageables pour le calcul de ce capital : l'application de la Formule Standard fournie par l'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS), qui se fonde sur l'agrégation de besoins en capital élémentaires à partir de matrices de corrélation, ou le recours à un modèle interne, mieux adapté au profil de risque spécifique de la compagnie.

Ce projet englobera des aspects théoriques fondamentaux liés à l'agrégation des risques, tout en mettant l'accent sur une mise en pratique opérationnelle. Son objectif principal est d'évaluer la pertinence de la nouvelle réglementation dans le contexte de l'industrie actuarielle marocaine. Il se penchera plus spécifiquement sur les défis auxquels les compagnies d'assurance sont confrontées lorsqu'elles agrègent les risques pour déterminer les exigences quantitatives en matière de fonds propres, ainsi que sur la mise en place de processus internes d'évaluation des risques dans le cadre de l'ORSA (Own Risk and Solvency Assessment – Pilier 2, SBR). Ce projet vise également à améliorer les bonnes pratiques en matière d'allocation des fonds propres et de gestion des actifs dans le secteur de l'assurance.

MOTS-CLES

Solvabilité 2; SBR; SCR; ORSA; Mesures de risques; Formule standard; Modèles internes.

PROFIL RECHERCHE

Le candidat doit être titulaire d'un diplôme de niveau Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur en actuariat et gestion des risques. Il doit faire preuve de compétences avancées en mathématiques actuarielles et posséder une solide connaissance des normes de solvabilité de base en assurance. Une expérience préalable dans le domaine de la solvabilité des assurances serait un atout supplémentaire.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

REFERENCES

- [1] M. Eling, H. Schmeiser, and J. Schmit. The solvency ii process: Overview and critical analysis. *Risk management and insurance review*, 10(1):69–85, 2007.
- [2] I. Holzmüller. The united states rbc standards, solvency ii and the swiss solvency test: a comparative assessment. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 34:56–77, 2009.
- [3] A. Sandström. *Handbook of solvency for actuaries and risk managers: theory and practice*. CRC press, 2016.

Gestion des risques actuariels et financiers

CONTEXTE & PROBLEMATIQUE

Ce thème constitue une orientation de recherche plutôt qu'un sujet de projet de recherche défini. Il vise à offrir aux candidats intéressés par des aspects spécifiques de la gestion des risques l'opportunité de proposer leurs propres sujets et de défendre la pertinence de leur problématique en tant que sujet de thèse.

Dans cette optique, les candidats qui choisissent cette thématique sont invités à envoyer leurs propositions par email à Khalil SAID (ksaid@insea.ac.ma). Chaque proposition doit inclure une description des démarches de travail envisagées ainsi qu'une liste de références bibliographiques.

Cette thématique peut englober des sujets relatifs à la modélisation probabiliste et statistique, ainsi qu'aux sciences de gestion appliquées à l'actuariat et à la finance.

MOTS-CLES

Gestion des risques, risques financiers, risques actuariels

PROFIL RECHERCHE

Le candidat doit être titulaire d'un diplôme de niveau Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur en mathématiques appliquées, en économétrie, en actuariat, ou en finance. Il est attendu du candidat qu'il fasse preuve de motivation, de disponibilité et d'autonomie dans le cadre de son travail de recherche doctorale.

Une solide expertise dans son domaine ainsi qu'une disposition à acquérir de nouvelles compétences sont indispensables. Une expérience préalable en assurance ou en finance constitue un atout.

CONTACT

Khalil SAID ksaid@insea.ac.ma

Vieillesse Démographiques et Viabilité des Régimes de Retraite : une Approche d'Equilibre Général.

Contact : Prof. Manadir Abdellah

Le Maroc, comme d'autres pays arabes, fait actuellement face au problème du vieillissement de la population. En effet, le nombre de personnes âgées de 60 ans et plus, en pourcentage de la population totale, est passé de 8,1% en 2004 à 12,09% en 2021. En plus, ce pourcentage, selon les projections, risque d'atteindre 23,2% en 2050. Ces tendances démographiques sont alors en train d'affecter sensiblement le rapport démographique entre le nombre de cotisants aux caisses de retraite et le nombre de bénéficiaires, en conduisant ces caisses à des situations du déséquilibre financier, où principalement le solde technique est en déficit (négatif).

Dans ce contexte-ci, ce projet de thèse cherche globalement à apporter des clarifications aux problématiques suivantes : i) Quelle est l'évaluation du problème du vieillissement démographique et la situation des régimes de retraite dans la région arabe ? ii) Jusqu'à quel point le vieillissement de la population affecte-il la viabilité des régimes de retraite dans cette région ? Et finalement, iii) quelles politiques de réforme doivent-elle être adoptées en vue de restaurer les déséquilibres financiers ?

Références

Zokalj, M. (2016). The impact of population aging on public finance in the european union. *Financial Theory and Practice*, 40(4) :383–412.

Kastelein, P. B. and Romp, W. E. (2020). Pension fund restoration policy in general equilibrium. *Macroeconomic Dynamics*, 24(7) :1785–1814.

Laboratoire SI2M

Systèmes d'informations, systèmes intelligents et modélisation mathématique.

Appel à candidature pour inscription au Doctorat au titre de l'année 2025

Liste des sujets proposés

Continuous Integration and Deployment Optimization

Prof. Imane CHLIOUI & Prof. Maryam RADGUI
SI2M Laboratory, INSEA
ichlioui@insea.ac.ma, m.radgui@insea.ac.ma

- **Objective:** Use Generative AI to optimize the continuous integration/continuous deployment (CI/CD) pipeline by automatically detecting inefficiencies and suggesting improvements.
- **Research Questions :**
 - How can generative models predict potential bottlenecks in the CI/CD pipeline and suggest optimizations?
 - Can AI enhance deployment processes by automatically configuring environments or predicting deployment risks?
- **Potential Impact:** Faster and more reliable deployment cycles, with AI continuously improving the CI/CD workflow.

Cross-Domain Learning for Software Engineering

Prof. Imane CHLIOUI & Prof. Maryam RADGUI
SI2M Laboratory, INSEA
ichlioui@insea.ac.ma, m.radgui@insea.ac.ma

- **Objective:** Apply transfer learning to enable Generative AI to generalize software engineering knowledge from one domain (e.g., web development) to another (e.g., mobile development).
- **Research Questions :**
 - How can generative models trained on one programming language or domain be effectively transferred to another?
 - What are the best approaches for cross-domain adaptation of AI-generated code?
- **Potential Impact:** Reduced training costs and broader applicability of generative models across various software engineering disciplines.

IoT and Inclusive Learning

Prof. Imane CHLIOUI & Prof. Maryam RADGUI
SI2M Laboratory, INSEA
ichlioui@insea.ac.ma, m.radgui@insea.ac.ma

- **Objective:** Use IoT devices to create inclusive e-learning environments that cater to students with disabilities or special educational needs.
- **Research Questions :**
 - How can IoT devices such as smart cameras, voice assistants, and tactile sensors support students with hearing, vision, or mobility impairments in e-learning environments?
 - What are the best practices for integrating IoT solutions into accessible learning platforms?
- **Potential Impact:** Improved accessibility in e-learning, ensuring that all students, regardless of their physical or cognitive abilities, have equal access to high-quality education.

Analytics Pipeline for Process Mining anomaly detection from IoT Data

Prof. Maryam RADGUI
SI2M Laboratory, INSEA
m.radgui@insea.ac.ma

IoT sensors contribute to the collection of automated, real-time data. The data gathered by IoT devices includes information on process execution. The relevant data can be extracted to apply process mining techniques.

IoT enables process mining to access real-time data because it collects the information while carrying out the process. By obtaining and analyzing IoT data, especially in intelligent environment, process mining will be able to identify deviations, errors or anything negatively affecting process performance in real-time and allow teams to optimize them.

Given the benefits of IoT and the important increasing of IoT market, it is expected that process mining systems will be highly integrated with IoT platforms for better insights. The goal of this thesis is precisely in line with this perspective.

Keywords: Process mining, IOT, anomaly detection, intelligent environment, Data stream.

Analyse prédictive des comportements sociaux à grande échelle

Prof. Maryam RADGUI
SI2M Laboratory, INSEA
m.radgui@insea.ac.ma

Les réseaux sociaux génèrent une quantité massive de données hétérogènes. Ces plateformes offrent une opportunité unique d'analyser et de modéliser des comportements sociaux à grande échelle. Cependant, la diversité et la complexité de ces données rendent l'analyse prédictive des

comportements humains extrêmement complexe.

Cette thèse vise à combiner les techniques de Big Data, de process mining et de machine learning pour construire des modèles prédictifs capables d'anticiper les tendances sociales, les réactions collectives à des événements, ou même les risques comme la diffusion de désinformation.

Les contributions de la thèse portent sur la proposition d'un cadre prédictif innovant pour les réseaux sociaux permettant de mieux comprendre les dynamiques sociales à grande échelle. L'intégration du BPM et du process mining au cadre prédictif offre une approche unique pour capturer, modéliser et analyser les processus et les flux de travail dans les réseaux sociaux.

En effet, le BPM, en tant que cadre de gestion des processus, aide à formaliser et structurer les interactions complexes des utilisateurs, tandis que le process mining, qui extrait des processus à partir de traces d'événements, permet de transformer de grandes quantités de données en modèles exploitables. Cette approche permet de mieux comprendre les parcours utilisateur, les interactions sociales et les influences au sein des réseaux.

Mots-clés : Big data, réseaux sociaux, BPM, BPMN, process mining, Machine learning, Analyse prédictive.

Optimisation de la Gestion de l'Eau à l'aide de l'Intelligence Artificielle Pr. Mohamed Nabil Saidi, Pr. Sara Riahi

Cette thèse explore l'application de l'intelligence artificielle (IA) pour optimiser la gestion des ressources en eau dans un contexte de rareté croissante. L'objectif est de concevoir des modèles capables de prévoir les besoins, d'optimiser la distribution, et de réduire les pertes grâce à des techniques avancées d'apprentissage automatique et d'analyse prédictive. Cette recherche explorera notamment des approches permettant une gestion plus durable des réseaux d'eau potable, de l'irrigation agricole et des bassins de rétention, en tenant compte des contraintes environnementales et des enjeux d'équité et de résilience dans la gestion des ressources hydriques.

Mots-clés : Gestion durable de l'eau, Optimisation des ressources hydriques, Intelligence artificielle pour la gestion de l'eau, Apprentissage automatique et gestion de l'eau, Analyse prédictive de la consommation d'eau, Prédiction des besoins en eau.

Références :

1. **Shafiee, M. E., & Berglund, E. Z. (2017).** "Agent-based modeling for integrated water resources management: Linking society and hydrology." *Environmental Modelling & Software*, 93, 13-28.
2. **Wu, Z. Y., & Wang, R. Y. (2018).** "Predictive water management system with artificial intelligence: A case study on drought prediction." *Water Resources Management*, 32(4), 1251-1265.
3. **Abdelrahman, M., & El-Gamily, H. (2020).** "Machine learning applications for sustainable irrigation: A comprehensive review." *Agricultural Water Management*, 239, 106267.
4. **Rahman, S. M., & Islam, T. (2019).** "Smart water management system in the era of IoT and AI." *Smart Cities*, 3(3), 932-953.

5. **Bach, P. M., Rauch, W., Mikkelsen, P. S., & McCarthy, D. T. (2020).** "Data-driven water management: Machine learning for predicting stormwater management practices performance." *Science of the Total Environment*, 727, 138305.
6. **Ravindra, P., & Brindha, K. (2021).** "Artificial intelligence in water resource management: Opportunities and challenges." *Journal of Hydrology*, 601, 126800

IA et Modèles de Gouvernance et d'Adaptation en Cybersécurité pour les Systèmes d'Information

Pr. Mohamed Nabil Saidi, Pr. Hamid Khalifi, Pr. Walid Cherif,

Cette thèse se consacre à l'étude des cadres de gouvernance et des approches adaptatives en cybersécurité, spécifiquement adaptées aux systèmes d'information confrontés à des menaces complexes et évolutives. Dans un contexte où les cyberattaques se diversifient, l'objectif est de concevoir des modèles de gouvernance permettant une gestion intégrée des risques et une anticipation proactive des vulnérabilités. En intégrant des techniques d'intelligence artificielle, l'étude analysera des mécanismes innovants de détection et de réponse rapide. L'IA sera utilisée pour optimiser l'adaptation dynamique des systèmes, permettant aux organisations de maintenir une sécurité renforcée face aux cyber-risques. Cette recherche vise ainsi à développer des solutions intelligentes, minimisant les impacts des cyberattaques et optimisant la protection continue des données et des infrastructures critiques.

Mots-clés : Gouvernance de la cybersécurité, Intelligence artificielle en cybersécurité, Modèles de détection et réponse aux cyberattaques, Gestion proactive des cyber-risques, Analyse prédictive des cybermenaces, Sécurité adaptative des systèmes d'information, Techniques de machine learning pour la cybersécurité.

Références :

1. **Davenport, T., & Ronanki, R. (2018).** "Artificial intelligence for the real world: Smart cybersecurity." *Harvard Business Review*, 96(1), 108-116.
2. **Nguyen, T., & Reddi, V. (2020).** "Machine learning for cybersecurity: Concepts, algorithms, and applications." *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 31(7), 2470-2487.
3. **Chen, Y., Nyemba, S., & Jin, H. (2019).** "A framework for intelligent adaptive cybersecurity defense." *Journal of Cybersecurity and Privacy*, 2(2), 91-106.
4. **Shao, J., & Shi, Y. (2019).** "Adaptive cybersecurity governance in cloud-based systems using machine learning." *IEEE Access*, 7, 67923-67934.
5. **Shang, Z., & Hussain, F. (2021).** "AI-based security governance models for critical infrastructure." *Computer Security Journal*, 10(2), 125-140.
6. **Zhou, X., & Ge, W. (2022).** "Resilience in cybersecurity: Adaptive models using deep learning." *International Journal of Information Security*, 21(3), 189-

Titre : *Elaboration d'une Architecture Adaptative et Agile basée sur le Modèle Zero Trust pour la Sécurité et la Protection des Données : Application et Impact dans le Domaine de l'Internet des Objets*

Title : *Development of an Adaptive and Agile Architecture based on the Zero Trust Model for Data Security and Protection: Application and Impact in the field of the Internet of Things (IoT)*

Key words : Data Security / Protection, Zero Trust Model / IoT, Adaptive / Agile Architecture, Data Managment, Micro segmentation, Compliance

Directrice de thèse : Rajaa SAIDI, Professeure de l'Enseignement Supérieur à l'INSEA

Mail : r.saidi@insea.ac.ma

Profil : <https://sites.google.com/site/rajaasaidi/>

Présentation

1. Contexte général

L'utilisation et la croissance rapide d'applications de l'Internet des Objets (IoT), ainsi que le nombre important des objets connectés (OC) ont engendré une certaine complexité dans la gestion de la sécurité et de la protection des données exploitées par ces applications (et traitées par les OC). Ladite complexité est également liée aux spécificités et aux caractéristiques du domaine de l'IoT (ainsi qu'à celles liées à d'autres nouvelles technologies émergentes), notamment les catégories d'applications de l'IoT, la mobilité, les ressources des OC, etc. Cela nécessite des solutions et des mécanismes adaptés qui répondent aux besoins de sécurité et de protection des données, tout en garantissant l'alignement avec les évolutions associées à l'exploitation de ces nouvelles technologies.

2. Problématique

La connectivité évolutive, l'interconnexion des systèmes (et des OC) et la transformation des e-services en solutions d'Intelligence Artificielle (IA), notamment son déploiement dans le domaine de l'IoT déclarent un besoin imminent d'adopter des architectures permettant de maintenir des niveaux de sécurité et de protection des données suffisants.

Dans ce sens, les approches traditionnelles et statiques s'avèrent inadaptés face aux nouvelles exigences de sécurité et de protection des données. De ce fait, l'exploitation et la mise en place d'une architecture basée sur le nouveau modèle de sécurité Zero Trust constitue une approche innovante permettant de maintenir et de renforcer la sécurité et la protection des données.

3. Objectif de la thèse

L'objectif de la thèse est de proposer une architecture de sécurité et de protection des données basée sur les concepts d'agilité et d'adaptabilité permettant de s'aligner sur les évolutions des e-services et des applications des OC (représentés par l'IoT), et ce, en exploitant les avantages des nouvelles approches, notamment le Zero Trust.

Titre : *Optimisation des processus opérationnels dans les entreprises manufacturières marocaines par des modèles d'intelligence artificielle*

Title : *Optimization of operational processes in Moroccan manufacturing companies using artificial intelligence models*

Directrice de thèse : Rajaa SAIDI, Professeure de l'Enseignement Supérieur, INSEA

Co-Directeur de thèse : Walid Cherif, Professeur Habilité, ESI

Mails : r.saidi@insea.ac.ma, crf.walid@gmail.com

Présentation

Les modèles d'intelligence artificielle constituent un atout novateur pour améliorer l'efficacité et la compétitivité des entreprises marocaines.

Elles peuvent identifier des inefficacités dans leurs chaînes de production, anticiper les pannes d'équipement et ajuster les niveaux de stock avec plus de précision.

Ceci permet non seulement de réduire les coûts opérationnels, mais également d'accroître la qualité des produits, de minimiser les délais de livraison et d'améliorer la satisfaction client.

Le présent sujet de thèse explore de nouveaux modèles d'intelligence artificielle adaptés aux processus opérationnels dans les entreprises manufacturières marocaines.

Title: User-centric methodologies for managing requirements in IoT systems

Key words: IoT architecture, UML models, User-Centered Design (UCD), Internet of People

Thesis director: Rajaa SAIDI, Full Professor at INSEA (r.saidi@insea.ac.ma)

Presentation

Recently, Internet of Things (IoT) technology has emerged in many aspects of life, such as transportation, healthcare and even education.

People are interacting with online systems all the time. In order to use the services being provided, they give consent for their data to be collected. This approach requires too much human effort and is impractical for systems like IoT where human-device interactions can be large.

The aim of this thesis is to develop User-centric methodologies for managing requirements in IoT systems. User-Centered Design (UCD) is an iterative design process in which designers focus on the users and their needs in each phase of the design process. In UCD, design teams involve users throughout the design process via a variety of research and design techniques, to create highly usable and accessible products for them.

Thesis steps

The 1st year will be concerned with a state of the art of the field which will make it possible to position the problem in relation to the existing one. A first formulation of a proposal will be made at the end of the first year. The state of the art resulting from this 1st year will be submitted to national conferences and/or workshops. The proposal will be completed and submitted for validation during the 2nd year. Validation will be done through submissions to international conferences and workshops, in the field, with a reading committee. The 3rd year will be devoted to validation through recognized and indexed journals and to writing the dissertation.

References

[1] Yara Alghofaili, Murad A. Rassam: "A Trust Management Model for IoT Devices and Services Based on the Multi-Criteria Decision-Making Approach and Deep Long Short-Term Memory Technique", *Sensors* 2022

[2] Gideon Ogunniye, Nadin K'okciyan, "A Survey on Understanding and Representing Privacy Requirements in the Internet-of-Things", *Journal of Artificial Intelligence Research*, 2023

[3] Hamed HaddadPajouh, Ali Dehghantanha, Reza M. Parizi, Mohammed Aledhari, Hadis Karimipour, "A survey on internet of things security: Requirements, challenges, and solutions", *internet of things journal*, 2021

LLM : Speech-to-Speech Conversational AI System for Low-Resource Languages

Supervised by: Pr. Imade Benelallam

Lab: SI2M/INSEA

1. Introduction

The integration of Large Language Models (LLMs) with speech-to-speech (S2S) systems has significantly advanced human-computer interactions. However, these developments predominantly cater to high-resource languages, leaving low-resource languages like Moroccan Darija underrepresented. This research aims to bridge this gap by developing an S2S conversational AI system tailored for Moroccan Darija, leveraging LLMs and neural audio codecs to facilitate natural and expressive dialogues.

2. Research Objectives

- **Objective 1:** Develop an end-to-end S2S conversational AI system that integrates LLMs with neural audio codecs, specifically designed for Moroccan Darija.
- **Objective 2:** Incorporate emotional and prosodic features into the system to enhance the expressiveness and naturalness of the generated speech.
- **Objective 3:** Evaluate the system's performance in real-world conversational scenarios to ensure robustness and user satisfaction.

3. Literature Review

Recent advancements in S2S systems, such as Kyutai's Moshi model, demonstrate the feasibility of combining LLMs with neural audio codecs for real-time, expressive voice interactions. However, these models primarily focus on high-resource languages. Research on low-resource languages, including Moroccan Darija, remains limited. Notable efforts include the development of DarijaBERT, a BERT model trained on Moroccan Arabic dialect. These resources provide a foundation for further exploration into S2S conversational AI systems for Moroccan Darija.

4. Methodology

- **Data Collection:** Curate a comprehensive dataset of Moroccan Darija speech, encompassing various dialects, contexts, and emotional expressions. Existing resources can serve as starting points.
- **Model Architecture:** Design a unified model that integrates an LLM with a neural audio codec, enabling direct S2S interactions without intermediate text representation. The model will be fine-tuned on the collected Darija dataset to capture linguistic nuances and emotional expressions.
- **Training Strategy:** Employ transfer learning techniques to adapt pre-trained LLMs to Moroccan Darija, leveraging multilingual models and cross-lingual transfer learning methodologies. Data augmentation techniques will be utilized to enhance the diversity and robustness of the training data.
- **Evaluation Metrics:** Assess the system's performance using metrics such as Word Error Rate (WER) for speech recognition accuracy, Mean Opinion Score (MOS) for speech naturalness, and user satisfaction surveys to evaluate conversational quality.

5. Expected Contributions

- **Theoretical Advancement:** Provide insights into the integration of LLMs with neural audio codecs for S2S conversational AI systems in low-resource languages, contributing to the broader field of speech processing.
- **Practical Application:** Develop a robust S2S conversational AI system capable of facilitating natural and expressive dialogues in Moroccan Darija, with potential applications in virtual assistants, language learning tools, and accessibility services.

6. Timeline

- **Year 1:** Conduct a comprehensive literature review, collect and preprocess the Moroccan Darija dataset, and design the model architecture.
- **Year 2:** Implement the model, initiate training, and perform preliminary evaluations.
- **Year 3:** Refine the model based on evaluation results, conduct extensive testing in real-world conversational scenarios, and prepare publications.

7. Resources Required

- **Computational Resources:** Access to high-performance computing facilities for model training and evaluation.
- **Data Resources:** Availability of a diverse Moroccan Darija speech dataset, encompassing various dialects and emotional expressions.
- **Collaborations:** Engagement with linguists and native speakers to ensure the model accurately captures linguistic and cultural nuances.

8. Conclusion

This research aims to advance the field of S2S conversational AI by developing a system tailored for Moroccan Darija. By focusing on accuracy, naturalness, and emotional expressiveness, the proposed study seeks to enhance human-computer interactions and facilitate seamless communication in low-resource language settings.

References

- SI2M-Lab/DarijaBERT. (n.d.). Retrieved from

[Hugging Face](#)

Improving CI/CD Pipeline in DevOps environments: AI integration and GitOps practices.

Pr. Manal El Bajta, melbajta@insea.ac.ma
Pr. Imade Benelallam, i.benelallam@insea.ac.ma

Continuous Integration (CI) and Continuous Deployment (CD) are automated practices within DevOps that aim to accelerate software delivery by ensuring frequent integration of code, thorough testing, and automated deployment to production environments.

CI/CD pipelines streamline the software development lifecycle by minimizing manual interventions, reducing deployment risks, and promoting faster, more reliable code releases.

Topics: DevOps, CI, CD, GitOps, AI, Pipeline

Objectives:

- **Current State of CI/CD Pipelines in DevOps:** Provide an overview of what CI/CD pipelines do, including stages like code integration, testing, and deployment.
- **AI Integration in CI/CD Pipelines:** Introduce the concept of AIOps (Artificial

Intelligence for IT Operations) and how it can enhance DevOps.

- **GitOps as a CI/CD Enabler:** Explain GitOps, which uses Git repositories as the source of truth for CI/CD pipeline state. GitOps frameworks enable developers to manage infrastructure and applications using code.
- **Synergies Between AI and GitOps in CI/CD:** Look into how AI can improve GitOps processes, for instance, by automating decision-making in deployments or using predictive algorithms to manage resource allocation.

MATHEMATIQUES APPLIQUEES

Directeur de Thèse : Pr. Rachid Benmansour
BENMANSOUR Rachid

Sujet 1: Renforcement de la coopération dans le transport de marchandises urbain pour des villes durables.

Description du sujet : Pour relever les défis posés par la croissance des populations urbaines, il est nécessaire de mettre en place des systèmes de transport de marchandises urbains innovants et collaboratifs. L'objectif de ce sujet est de trouver des solutions pour le transport des passagers et des marchandises afin d'améliorer l'attrait et la qualité de vie des villes, tout en prenant en considération les contraintes et les objectifs des différentes parties prenantes.

Références

1. Cleophas, C., Cottrill, C., Ehmke, J. F., & Tierney, K. (2019). Collaborative urban transportation: Recent advances in theory and practice. *European Journal of Operational Research*, 273(3), 801-816.
2. Aktas, E., Bournakis, M., & Zisis, D. (2021). Collaboration in the last mile: evidence from grocery deliveries. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(3), 227-241.
3. Bhasker, A., Sarmah, S. P., & Kim, T. (2019). Collaborative last-mile delivery and pick-up in city logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 34(4), 533-553.
4. Argyropoulou, M., Zisis, D., Korfiatis, N., & Zampou, E. (2023). Horizontal collaboration in the last mile distribution: gauging managerial response to disruption and abnormal demand. *Benchmarking: An International Journal*, 30(2), 460-474.

Sujet 2 : Logistique collaborative et 3PL : vers un modèle hybride pour réinventer la livraison

Description du sujet : Dans un contexte où les entreprises doivent constamment adapter leurs stratégies logistiques pour répondre aux exigences d'un marché en pleine transformation, la collaboration entre la logistique collaborative et les prestataires logistiques tiers émerge comme une solution innovante. Ce sujet de recherche propose d'explorer ce modèle hybride, qui permet aux 3PL d'intégrer des capacités de transport partagées pour mieux gérer les variations de demande, améliorer la flexibilité des livraisons et optimiser les coûts sans investissements supplémentaires. Cette approche vise à comparer l'efficacité de cette collaboration par rapport aux modèles traditionnels et à identifier les

conditions de succès pour une gestion plus durable et rentable des opérations de livraison.

Sujet 3 : Planification de la maintenance périodique intégrant la gestion et le recyclage des pièces de rechange.

Description du sujet :

Ce sujet vise à développer un modèle de planification pour la maintenance périodique des machines, en intégrant la gestion durable des pièces de rechange et les options de recyclage en fin de vie. L'objectif est de réduire les coûts de maintenance et d'exploitation tout en favorisant la durabilité des composants et en minimisant l'impact environnemental grâce à des pratiques de recyclage efficaces.

Laboratoire MASAFEQ

Laboratoire de Recherche en Mathématique Appliquée aux Sciences de données en Statistique, Actuariat, Finance et Economie Quantitative.

Appel à candidature pour inscription au Doctorat au titre de l'année 2025

Liste des sujets proposés

Directeur de These : Prof . Effina Driss

Thèmes de recherche pertinents et alignés avec les enjeux économiques actuels du Maroc. Ces propositions visent à attirer des étudiants motivés, prêts à mener des recherches de qualité et à apporter des contributions significatives à la compréhension et au développement de l'économie marocaine.

Voici les thèmes proposés :

1- L'attractivité territoriale au Maroc : quels déterminants et quelles stratégies pour renforcer la compétitivité régionale ?

Cette recherche vise à analyser les facteurs influençant l'attractivité des différentes régions marocaines pour les investissements nationaux et internationaux, en explorant les infrastructures, les politiques publiques et les initiatives locales.

2- Le système de change au Maroc : évolution et impact sur la compétitivité économique extérieure

Ce thème se concentre sur l'étude du système de change marocain et de sa flexibilité, en analysant ses répercussions sur les exportations, la résilience économique, et la capacité d'attraction des investissements étrangers dans des secteurs stratégiques.

3- La position extérieure du Maroc dans un contexte de mondialisation : défis et perspectives

Cette recherche explore la balance commerciale et la position extérieure du Maroc, avec un accent particulier sur les échanges commerciaux et les réserves de change, tout en examinant les opportunités et les défis induits par la mondialisation et les évolutions géopolitiques.

4- La transformation du secteur agricole au Maroc : vers une agriculture durable et compétitive

Ce thème propose d'analyser les réformes récentes et les évolutions dans le secteur agricole marocain, en particulier les initiatives pour accroître la productivité, gérer les ressources de manière durable, et améliorer la compétitivité des produits marocains.

5- Les effets des politiques de change sur la balance commerciale agricole au

Maroc

Cette recherche vise à étudier l'influence des politiques de change sur le secteur agricole, en examinant l'impact des variations du dirham sur les exportations et importations agricoles, ainsi que les moyens d'optimiser le système de change pour favoriser la balance commerciale agricole.

Ces thèmes de recherche, axés sur des problématiques clés de l'économie marocaine, pourraient susciter un intérêt significatif parmi les futurs doctorants et renforcer la pertinence de notre centre dans le domaine des sciences économiques.

Sujets pour la formation Statistique Appliquée – Actuariat Laboratoire de Recherche MASAFEC

Sujet : L'Apprentissage supervisé par régression en présence de données déséquilibrées

En présence de données déséquilibrées, la fiabilité des modèles d'apprentissage supervisé par régression est impactée par la présence des valeurs extrêmes de la variable cible. En effet, ces modèles ne permettent pas de bien apprendre ces valeurs extrêmes, ce qui est problématique surtout lorsque la prédiction de ces dernières est prioritaire comparées aux valeurs normales.

L'objectif de cette thèse est de proposer de nouvelles méthodes pour améliorer la qualité des modèles d'apprentissage supervisé pour pouvoir tenir de données déséquilibrées et ceci en faisant recours aux techniques de pondération des individus permettant de tenir compte de l'importance des individus dans la population.

Mots clés : Apprentissage statistique, Données déséquilibrées, techniques de redressement, techniques de calage, Échantillonnage.

Bibliographie

- 1) Steininger M., Kobs K., Davidson P., Krause A. (2021). Density-based weighting for imbalanced regression, Machine learning.
- 1) Deville, J.-C. and Särndal, C.-E. (1992). Calibration estimators in survey sampling. *Journal of the American Statistical Association*, Vol 87, pp. 376-382.
- 2) El Haj Tirari M. and Hdioud B. (2018). [Criteria for choosing between calibration weighting and survey weighting](#). *Survey Methodology*, Vol. 44, No. 2, pp. 339-349.
- 3) Valliant R., Dever J. A. and Kreuter F. (2013). Practical tools for designing and weighting survey samples. *Springer-Verlag New York*.
- 4) Beaumont J.-F. (2008). A new approach to weighting and inference in sample surveys. *Biometrika*, Vol 95, pp. 539-553.

Sujets pour la formation Mathématiques Appliquées

Sujet 1: développement d'un modèles d'apprentissage semi-supervisé en appliquant Mathematical Programming

L'apprentissage semi-supervisé représente un défi majeur dans le domaine de la classification, en raison de l'énorme quantité de données non étiquetées souvent non exploitables par les modèles classiques d'apprentissage automatique.

Les exemples d'applications des modèles semi-supervisé sont nombreuses et dans plusieurs domaines incluant, la santé, la finance, les secteurs bancaires et l'assurance, l'imagerie, etc, où l'étiquetage de données nécessite souvent l'intervention d'un utilisateur humain. Cette opération peut s'avérer fastidieuse. Ainsi, notre objectif consiste à développer un nouveau modèle d'apprentissage semi-supervisé utilisant les approches d'optimisation capables de classifier automatiquement les données non étiquetées.

Sujet 2 : développement d'un modèle d'inférence des refusés en utilisant HMM

Le projet de cette thèse consiste à développer un modèle d'apprentissage semi-supervisé en utilisant un modèle de Markov caché (HMM) pour inférer les informations concernant les dossiers refusés. Ce modèle permettra de tirer parti des données rejetées, souvent non-exploitées, en facilitant leur analyse et en contribuant à une meilleure compréhension de refus. Ainsi, l'objectif consiste à développer un nouveau modèle d'apprentissage semi-supervisé utilisant le modèle HMM adapté pour les données rejetées. Cette thèse vise non seulement à optimiser les processus décisionnels, mais également à offrir une perspective sur l'exploitation de données non utilisées dans le système de décision.

Sujet 3 : Développement de nouvelles techniques d'optimisation et de modélisation pour un mix énergétique efficace.

L'objectif de la thèse est de développer des algorithmes efficaces de gestion de l'énergie. Ces algorithmes permettent l'adéquation optimale entre la disponibilité des sources et la consommation énergétique, tout en minimisant les coûts totaux sujets à des contraintes économiques et environnementales. Ces algorithmes seront basés sur les prévisions de la demande et la disponibilité des technologies. Afin d'assurer la pertinence des propositions, l'étude sera basée sur des exemples concrets s'appuyant sur des firmes situés dans des régions marocaines pour lequel des données de conception et d'exploitation sont disponibles.

Mots-clés : Mix énergétique, Algorithmes d'optimisation, Planification énergétique, Modélisation mathématique, Heuristique, Machine learning.

Sujet 4 : Optimisation des itinéraires de transport en tenant compte des prévisions météorologiques.

L'objectif de la thèse est de développer des algorithmes efficaces pour optimiser les itinéraires de transport en tenant compte à la fois les coûts de transport, les délais et les impacts des conditions météorologiques. Analyser comment les événements météorologiques extrêmes (ouragans, tempêtes de neige) affectent les chaînes d'approvisionnement et proposer des solutions pour assurer la continuité du transport.

Mots-clés : Graphes, Algorithmes d'optimisation, Prévisions météorologiques, Modélisation mathématique, Heuristique, Machine learning.

Sujet 5 : Conception d'un système de Visualisation de Séquences d'Activités des Touristes

L'objectif de la thèse est de proposer des modèles mathématiques et de développer des algorithmes efficaces de gestion d'activités des touristes en maximisant le nombre de visites. Nous présenterons les différentes étapes de conception et de réalisation d'une application de traitement et de visualisation des séquences d'activités des touristes. Le modèle sera appliqué sur des données réelles des visiteurs.

Mots-clés : Graphes, Traçabilité des trajectoires des touristes, Visualisation des Séquences d'activités, Modélisation mathématique, Heuristique, Machine learning.

Sujet 6 : Optimisation Multi-Objectifs pour le Développement de Modèles de Machine Learning Explicables.

Ce sujet explore l'utilisation d'approches d'optimisation multi-objectifs pour développer des modèles d'apprentissage automatique qui garantissent à la fois une grande précision et une interprétabilité claire pour les utilisateurs finaux.

Les modèles de prévision à développer devront être capables de s'adapter à l'augmentation du volume et à la diversité des données. En outre, ils devront être programmés dans un langage efficace et évolutif, et passer par des processus de validation et de test rigoureux. Leur efficacité devra également être prouvée sur des ensembles de données de grande taille.

Sujet 7 : Prévision avec Incertitude : Synergie entre Recherche Opérationnelle et Machine Learning.

Dans les environnements complexes d'aujourd'hui, des prévisions précises sont essentielles pour une prise de décision efficace dans divers domaines, notamment la finance, la gestion de la chaîne d'approvisionnement et la santé. Les méthodes de prévision traditionnelles offrent souvent des estimations ponctuelles, qui peuvent ne pas refléter adéquatement l'incertitude inhérente aux données de séries temporelles. Cette recherche explore l'intégration de techniques de recherche opérationnelle pour la modélisation de l'incertitude avec des méthodes de machine learning afin de générer des prévisions probabilistes, offrant ainsi une vision plus complète des résultats potentiels.

Sujet 8 : Combinaison des Métaheuristiques et du Machine Learning pour l'Optimisation des Problèmes Combinatoires

Ce sujet vise à examiner l'intégration des métaheuristiques avec des techniques d'apprentissage automatique afin de résoudre des problèmes de classification. Il a également pour objectif de concevoir des approches hybrides qui associent métaheuristiques et algorithmes de machine learning, dans le but d'améliorer la recherche de solutions optimales. Nous souhaitons développer un nouveau modèle d'apprentissage supervisé et semi-supervisé, tirant parti de méthodes d'optimisation, pour classer automatiquement les données, qu'elles soient étiquetées ou non.

Prof. Fadlallah Abdellali.

Axe 1 : Libéralisation commerciale, Compétitivité et stabilité macroéconomique

A l'heure actuelle, l'ouverture et la libéralisation commerciales à l'échelle internationale sont devenues des choix irréversibles. La mondialisation croissante de la production, rendue possible grâce à la décomposition des processus productifs et à l'essor sans précédent de l'innovation technologique, a fait du commerce extérieur un pilier central de la croissance et une source de richesse incontournable.

En effet, l'évolution du commerce mondial au cours des dix dernières années démontre une augmentation plus rapide des échanges internationaux, progressant en moyenne annuelle au taux de 6,2% contre 3,7% pour la production mondiale, ce qui témoigne de l'ouverture croissante des économies et du succès des politiques mises en œuvre dans le cadre de l'Organisation Mondiale du Commerce et/ou à travers les accords commerciaux. L'ouverture sur l'extérieur a toujours constitué pour le Maroc un choix stratégique, jugé nécessaire pour dynamiser sa croissance et bénéficier des apports des investissements étrangers en termes de transferts technologique et de savoir-faire, de compétences en matière de gestion, d'organisation et de créations d'emplois.

Toutefois, la persistance d'une conjoncture déprimée au niveau international généré principalement par la crise sanitaire, laisse présager que les canaux initiaux de transmission de la crise au Maroc demeureront opérants dans le court terme. Des développements critiques pourraient concerner les réserves en devises, la dynamique économique intérieure, le marché de l'emploi et les acquis sociaux ainsi que les finances publiques ce qui remet en cause la problématique de la viabilité de la position extérieure.

L'intérêt de cet axe est d'étudier l'impact de la soutenabilité de la dynamique du commerce extérieur à moyen et long terme sur la dynamique macroéconomique surtout avec la vague d'insertion des pays en voie de développement dans la globalisation financière comme l'économie marocaine.

Axe 2 : Politique budgétaire entre le bien-être sociale et la stabilité macroéconomique

Après l'indépendance, des politiques économiques et sociales ont été engagées pour garantir l'insertion de la société marocaine dans la voie du développement économique et social. Les choix stratégiques se sont matérialisés par l'option économique libérale, tout en garantissant à l'Etat un rôle dans la croissance économique. Ainsi, les années 60 et 70 ont été marquées par la mise en œuvre de Plans de, développement économique et social dont le but était de renforcer le tissu économique et accompagner les différentes mutations sociales du pays.

Toutefois, la crise de l'endettement et les grands déséquilibres macro- économiques apparus à la fin des années 70 et au début des années 80 ont amené le Maroc à s'engager dans la réalisation du programme de stabilisation et d'ajustement structurel sous les auspices du Fond Monétaire International et de la Banque Mondiale, afin de redresser ces déséquilibres tout visant un cycle économique soutenable.

Réellement la politique fiscale marocaine demeure un champ en perpétuelle réforme. À chaque loi de finance, des nouvelles mesures fiscales sont introduites, pour répondre aux besoins des agents. La politique fiscale marocaine est très utilisée par le gouvernement comme instrument de relance économique, soit d'incitation à l'investissement d'une manière générale (charte de l'investissement de 1995), ou à l'investissement dans des secteurs ou des segments particuliers, tels que le logement économique ou l'offshoring.

Avec la crise sanitaire du Covid 19, la nouvelle orientation fiscale aura des impacts importants sur la viabilité, la gouvernance des ressources, la productivité des facteurs, la consommation des

ménages et sur la compétitivité nationale. Or ces impacts n'ont pas assez attiré l'attention des autorités qui ont été plutôt préoccupées par les effets budgétaires des réformes déjà engagées. Donc l'objectif recherché et qui sera traité au niveau de cet axe, est d'évaluer dans un cadre de plus en plus incertain, la viabilité de la politique budgétaire marocaine et ses retombées sur l'équilibre macroéconomique d'une part et sur la l'équité sociale d'autre part.

Axe 3: Analyse de la politique monétaire

La propagation de la crise financière mondiale en 2007 et sa transmission à l'économie réelle ont conduit les grandes banques centrales à entreprendre une politique monétaire énergique. La Réserve fédérale, la Banque d'Angleterre, sont entrées dans une phase de baisse des taux d'intérêt directeur. Mais ces décisions n'ont pas été suffisantes pour mettre un terme à la défiance des banques les unes envers les autres. Ainsi, les banques centrales ont décidé d'intervenir directement sur le marché interbancaire, en injectant massivement des liquidités.

Au Maroc, la politique monétaire se menait en concertation entre BAM et le Ministère de l'Economie et des Finances. Toutefois, après 2006 la conduite de la politique monétaire fait désormais partie intégrante des principales attributions de Bank Al-Maghrib. Ainsi, le Dahir de novembre 2005 confirme une indépendance de la banque centrale en matière de la conduite et de l'orientation de la politique monétaire.

Par ailleurs, pour veiller à son principal objectif de stabilité des prix, la Banque centrale adopte une approche multicritère de l'évaluation d'inflation. En fait, cette approche consiste en l'analyse, en plus des agrégats monétaires, des variables réelles susceptibles d'influencer l'inflation ; notamment la demande globale, les pressions sur les capacités de production, les prix des actifs et les prix à l'importation. Bank Al-Maghrib se base sur un cadre fonctionnel, constitué de plusieurs instruments visant à agir sur le taux d'intérêt interbancaire.

En effet, Bank Al-Maghrib, par sa stratégie de politique monétaire, vise à ancrer les anticipations d'inflation. L'objectif alors de cet axe est l'analyse explicite de la politique monétaire du Maroc afin de mieux spécifier le comportement de la banque centrale et de s'interroger sur les liens qui existent entre les instruments de la politique monétaire et les objectifs de la politique économique.

Axe 4 : Dépense d'éducation, formation du capital humain et équilibre macroéconomique séquentiel (Dynamique)

Après l'indépendance, le Maroc a entrepris un long processus de valorisation de son potentiel humain pour remédier au faible taux de scolarisation sous le protectorat. Ainsi, l'état a consenti un effort considérable pour scolariser la majorité des Marocains, ce qui a permis de doter l'administration et l'économie en cadres nécessaires malgré les déficits de départ. Le système de l'éducation et de la formation a rencontré des difficultés majeures à partir des années 80 liées entre autres à la faiblesse de son rendement et à la baisse de sa qualité.

Dans ce cadre, l'effort éducatif au Maroc a été positif, vue la situation où les niveaux d'alphabétisation au sein de la population adulte sont très bas, notamment au sein de la population rurale, et les efforts éducatifs actuels demeurent importants. Le Maroc consacre environ 6% de son PIB à l'éducation. C'est ainsi que des modèles théoriques relatifs au capital humain et à la croissance indiquent que certains des avantages d'une main-d'oeuvre mieux éduquée vont s'échapper et générer des bénéfices que ne pourront s'approprier, sous la forme de revenus plus

élevés, ceux qui auront consenti l'investissement correspondant.

Ces pertes sont nommées externalités, et elles expliquent les subventions à l'éducation et autres politiques visant à accroître l'investissement dans la formation du capital humain. En plus le Maroc souffre d'un retard d'éducation de base de sa population, en commençant par un taux exceptionnellement élevé d'analphabétisme. Dans ce domaine, le Maroc se situe au même niveau que des pays comme le Mozambique sur l'échelle internationale.

Alors en matière d'éducation, le programme de recherche sur le capital humain a, au moins, fourni effectivement un nouveau critère d'investissement social : il faut allouer les ressources aux années d'études et aux niveaux d'éducation de façon à égaliser le taux marginal de rendement social de l'investissement dans l'éducation, et en franchissant un pas supplémentaire. Ce rendement de l'investissement dans la formation du capital humain ne devrait pas être inférieur au rendement des investissements privés alternatifs.

L'objectif de cette étude porte sur l'impact de la dépense en formation de capital humain sur l'équilibre séquentiel économique marocain. Il s'agit de déterminer si l'on peut définir une fonction de production nationale prenant en compte le capital humain dans le contexte marocain, et d'analyser la contribution des dépenses d'éducation à la dynamique macroéconomique sur le Court, Moyen et Long terme. L'étude vise également à situer le Maroc par rapport aux autres pays de la région MENA et à évaluer les effets des dépenses d'éducation sur l'équilibre économique interne et externe du pays.