



HAL
open science

Proceeding of The International Conference Healthcare Systems Day 2024

Adnen El Amraoui, Safa Bhar Layeb, Sondes Hammami, Imen Mejri, Hejer Khelif, Safa Elkefi, Sana Bouajaja, Amina Antit, Marwa Hasni, Safa Chabouh, et al.

► **To cite this version:**

Adnen El Amraoui, Safa Bhar Layeb, Sondes Hammami, Imen Mejri, Hejer Khelif, et al.. Proceeding of The International Conference Healthcare Systems Day 2024. Healthcare Systems Day 2024, <https://sites.google.com/view/hsd2024/home>, 2024. hal-04571919v1

HAL Id: hal-04571919

<https://hal.science/hal-04571919v1>

Submitted on 9 May 2024 (v1), last revised 14 May 2024 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



African Working Group  Healthcare Systems

AFROS - African Federation of Operations Research Societies



Proceeding of
The International Conference
Healthcare Systems Day 2024

May 11, 2024

National Engineering School of Tunis

Tunis, Tunisia

(Hybrid Event)

Web site: <https://sites.google.com/view/hsd2024/home?authuser=0>

Table of contents

Scientific Sponsors-----	i
About African Working Group in Healthcare Systems-----	ii
Organizing Committee -----	iii
Scientific Committee-----	iv
Keynote Speakers-----	vii
List of Participants-----	viii
List of Accepted Papers -----	viii
1- A Service Oriented Architectural based Big Data Management for a Bahraini Primary Healthcare Centre (SOA-MHC) by <i>Hasan H. Abdulla, Fatema H. AlJazeera, Shaikha A. Hasan, and Zainab S. Almahafdh</i>	1
2- Amélioration des Services d'Urgence à l'Hôpital Mahmoud El Matri : Une Approche Conforme au Label MARHBA par <i>Manel Neffati Majdi Salem, Khedija Zaouche, Manel Kallel, Houda Gharbi, Hejer Khelif Souad Ghazouani et Chokri Hammouda</i> -----	3
3- An Assignment MILP Model for Planning and Scheduling Elective Surgeries by <i>Asma Ouled Bedhief, Najla Aissaoui, and Safa Bhar</i> -----	7
4- Analysis of the factors affecting the patient's length of stay following emergency surgery by <i>Youssef Ben Amor, Zied Jemai, Oualid Jouini, Aida Jebali, Xiaolan Xie, Thomas Botrel, and Mathieu Raux</i> -----	10
5- Application de la Maintenance Productive Totale dans un service de réanimation by <i>Hajer Khelif, Houda Gharbi, and Amira Brahmi</i> -----	13
6- Application du Lean Healthcare pour améliorer l'efficacité d'un service oncologie par <i>Ghada Yakoubi, Chahid Ahabchane et Safa Bhar Layeb</i> -----	16
7- Applying Evolutionary Algorithms for Physician Scheduling in an Emergency Department by <i>Ghada Yakoubi, Chahid Ahabchane, and Safa Bhar Layeb</i> -----	19
8- Autoimmunity and Deep Learning techniques: (Case study of anti-nuclear antibodies) by <i>Mouna Ben Azaiz, Oumar Khlelfa, Aymen Yahyaoui, Anwer Ncibi, and Ezzedine Gazouani</i> -----	22
9- Coalition Pool to Manage Shared Customers for the Delivery of Pharmaceutical Products by <i>Amina Antit, Amel Jaoua, Safa Bhar Layeb, and Chefi Triki</i> -----	24
10- Conception d'un système de contrôle de blisters non conformes par <i>Eya Chouchene, Hamdi Triki et Sondes Hammami</i> -----	26
11- Data Mining Techniques for Diagnosis, Treatment, and Prevention of Hemorrhagic Fever by <i>Ahmed Shihab Ahmed, Hussein Ali Salah, and Safa Bhar Layeb</i> -----	29
12- Decision support for the delivery of consumables to home dialysis patients by <i>Haifa Noura, Sondes Hammami, Adnen El-Amraoui, Gilles Goncalves, and Hanen Bouchriha</i> -----	32
13- Délais de validation des bilans d'urgence dans un laboratoire de Biologie Médicale hospitalier : Impact d'un changement organisationnel par <i>Mohamed Yassine Kaabar, Ikbel Ghachem et Asma Bachali</i> -----	35
14- Designing IT Solutions for Addressing the Unique Support Requirements of Autistic Children by <i>Eya Hadhri, Sana Layeb, Safa Elkefi, and Safa Bhar Layeb</i> -----	37
15- Efficient Scheduling in Operating Rooms: A Tunisian Hospital Case Study by <i>Mariam Belhor, and Adnen El-Amraoui</i> -----	39
16- Étude des Critères de Sélection des Fournisseurs de l'industrie pharmaceutique dans le Contexte Post-COVID-19 par <i>Salma Tlili, Sana Bouajaja et Mariem Belghith</i> -----	42

17- Etude de la Littérature du Problème de Dimensionnement d'Entrepôts Pharmaceutiques <i>par Nesrine Ben Hamed, Sana Bouajaja et Mariem Belghith</i> -----	45
18- Evaluation et amélioration de la performance d'un laboratoire d'analyses médicales <i>par Mohamed Yassine Kaabar, Safa Bhar Layeb, Imen Mejri et Najla Aissaoui</i> -----	48
19- Exploring the observational differences between binocular magnifying glass and scanning electron microscope in the study of Randall's plaque and calcium oxalate kidney stone <i>by Amira Ben Sassi, Wafa Ferjeni, Najoua Belaich, and Kahena Bouzid</i> -----	50
20- Filter and machine learning methods in selecting critical features for data classification <i>by Abdelhakim Sahour, Farouk Boumehrez, and Mohamed Lameri</i> -----	52
21- From Roads to Remedies: Exploring the Healthcare Applications of Autonomous Vehicles in Enabling Inclusive and Remote Medical Services <i>by Elaa Elgharbi, Safa Bhar Layeb, and Mate Zoldy</i> -----	53
22- Gestion d'une non-conformité analytique en biologie médicale : Cas d'une technique spectrophotométrique manuelle <i>par Khaled Lajmi, Nesrine Maatoug et Kahena Bouzid</i> -----	58
23- Improving quality and health services management in Tunisian hospitals through the 5S KAISEN TQM approach <i>by Seifeddine Rhouma, Arwa Neffati, Hind Bouguerra, and Olfa Challouf</i> -----	60
24- Influence de transport des échantillons sanguins par système pneumatique sur les résultats de certains paramètres en Biochimie <i>par Ahlem Bartkiz, Salma Daly, Kahena Bouzid, Aymen Zoubli, Khaled Lajmi, Hana Hedhi, Safia Othmani et Sarra Jouini</i> -----	61
25- Jumeaux Numériques pour la gestion des systèmes de santé <i>par Zeineb Ben Houaria et Hajer Khlif</i> -----	63
26- L'architecture pour le bien-être mental : Recommandations spatiales pour l'Inclusion sociale des Personnes Atteintes de TSA en Tunisie <i>par Yassine Boussif et Sana Layeb</i> -----	65
27- La communication au sein d'une dynamique formelle de management de la qualité : Cas d'un laboratoire hospitalier <i>par Khaled Lajmi et Kahena Bouzid</i> -----	67
28- Optimization of Nephrological Care: Peritonitis prediction using Machine Learning tools <i>by Mohamed Kerkeni, Islem Mzoughi, Myriam Gharbi, Sondes Hammami, Yosra Guedri, Rihem Dahmane, Awatef Azzebi, and Dorsaf Zellama</i> -----	70
29- Perte de la technique en dialyse péritonéale avec Machine Learning <i>par Ala Yangui, Hammada Lekehal, Sondes Hammami, Myriam Gharbi, Yosra Guedri, Rihem Dahmane et Dorsaf Zellama</i> -	73
30- Planification des livraisons de matériel et matières médicaux aux patients dialysés (Liv-PaD) <i>par Emna Abdi, Dorsaf Dalloul et Issam Nouaouri</i> -----	76
31- Predictive Modelling for Surgical Duration in Emergency Operating Rooms: A Machine Learning Perspective <i>by Hadil Bouaskern, Oualid Jouini, Zied Jemai, Aida Jebali, Xiaolon Xie, Thomas Botrel, and Mathieu Raux</i> -----	78
32- Preventive maintenance in Operating Theatres : Status of Research <i>by Khadidja Sefraoui, Fouad Maliki, Najla Aissaoui Omrane, Safa Bhar Layeb and Mehdi Souier</i> -----	81
33- Redéfinir la prestation des systèmes de santé : Exploiter les solutions informatiques pour améliorer la performance de la prise en charge des enfants TSA <i>par Sana Layeb et Safa El Kefi</i> -	83
34- Role of Tunisian Services Competitiveness Support Program in introducing and institutionalizing a quality management system for health facilities <i>by Seifeddine Rhouma, Arwa Neffati, and Hind Bouguerra</i> -----	85
35- Rôle de l'INEAS dans la résilience du système de santé en Tunisie <i>par Houda Gharbi, Sihem Majoul et Chokri Hammouda</i> -----	87

36- Tableau de bord multidimensionnel au service du bloc opératoire <i>par Nejia Bejaoui, Amira Ghazouani, Hajer Khlif, Sondes Hammami et Jameleddine Boubahri</i> -----	89
37- Towards Tailoring Reinforcement Learning to Solve the Online Surgery-Planning and Scheduling Problem <i>by Khouloud Bennour, Asma Ouled Bedhief, Safa Bhar Layeb, and Najla Aissaoui</i> -----	92
38- Transformative Architecture: Fostering Inclusive Spaces for Neurodivergent Well-being in Tunisia <i>by Kaouther Ben Amar, and Sana Layeb</i> -----	95
39- Why and how are kidney stones analysed? <i>By Wafa Ferjani, Amira Ben Sassi, Khaled Lajmi, Najwa Blaiech, and Kahena Bouzid</i> -----	97
40- 5S-KAIZEN-TQM implementation in imaging department <i>by Oussama Ben Ali, Houda Gharbi, Sondes Hammami, and Fehmi H'Mida</i> -----	99

Scientific Sponsors



African Working Group  Healthcare Systems

AFROS - African Federation of Operations Research Societies



AFROS
AFRICAN FEDERATION OF
OPERATIONS RESEARCH SOCIETIES



About African Working Group in Healthcare Systems

Mission of the AWG in Healthcare Systems

The objective of this African Working Group is to bring together OR experts and health professionals – both from the public and private sectors – to develop a network of multidisciplinary skills in the field of health. This network will contribute to meet the challenges of this sector through the identification and implementation of action research projects aimed at improving the quality and safety of health services in Africa. It is by pooling skills and joining forces that this current African health situation will be turned around. Promoting OR and its applications in healthcare will undoubtedly be the main topic of the upcoming streams and events to be organized.

Areas of research

The members of the African Working Group in Healthcare Systems have strong background and interest in healthcare systems. Precisely, the main achievements are:

Several PhD theses defended and/or supervised by members of the group.

Several agreements with socio-economic partners such as hospitals (Charles Nicolle Teaching Hospital, Abderrahmene Mami Teaching Hospital, Habib Thameur Hospital, Béthune Beuvry Hospital Center), public health institutions (Central Pharmacy of Tunisia, “Structure Fédérative de Recherche – Technologies pour la Santé et Médicament” Federative Research Structure – Technologies for Health and Medicine, France), etc.

Several International Collaboration Programs such as CMCU project PHC UTIQUE 18G1410, H2020-PROPHETIC (PROPHETIC: An innovating Personal Healthcare Service for a holistic remote management and treatment of Parkinson patients.), Research Project FUI FEDER collectivités : e-Monitor’Age, etc.

Organization of scientific events such as JTOH 2016, JETSAN 2017, GISEH 2020, IEEEGOL 2020, etc.

Among the members of our group, there are OR outstanding researchers, health professionals and experts.

Organizing Committee



Safa Bhar Layeb (TN)



Sondes Hammami (TN)



Adnen Elamraoui (FR)



Imen Mejri (TN)



Hejer Khelif (TN)



Safa El Kefi (USA)



Sana Bouajaja (TN)



Amina Antit (TN)



Marwa Hasni (TN)



Safa Chabbouh (TN)



Amira Brahmi (TN)



Asma Ouled Bedhief (TN)



Zeineb Ben Houria (TN)

Scientific Committee

Safa Bhar Layeb, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Zied Jemai, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Atidel B. Hadj-Alouane, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Aida Jebali, Skema Business School, France
Abdelhakim SAHOUR, Abbes LAGHROUR University of KHENCHELA, ALGERIA
Abdessalem JERBI, LR-OLID, Higher Institute of Industrial Management of Sfax - ISGIS – Tunisia
Abdelghani Bekrar, LAMIH Laboratory, UMR CNRS 8201, France
Achour Abdellatif, service de néphrologie dialyse et transplantation, CHU SahloulSousse, Faculté de médecine Sousse, Ministère de la santé Tunisie
Adnen El-Amraoui, University of Artois, France
Ahmed Chihab Ahmed, University of Baghdad, Baghdad, Iraq
Amel Smadhi Salah, National Authority for Assessment and Accreditation in Healthcare – INEAS, Tunisia
Amel Jaoua, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Amin Chaabane, ETS Montreal, Canada
Ahmed Shihab Ahmed, Department of Basic Sciences, College of Nursing, University of Baghdad, Baghdad, IRAQ
Asma Ouled Bedhief, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Amira Brahmi, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Chahid Ahabchane, Université du Québec, Canada
Bahia BEJAR-GHADHAB, National Engineering School of Tunis
Chahnez Charfi Triki, Hedichaker hospital. LR19ES15 Sfax medical school. Sfax University.
Chokri Hamouda, National Authority for Assessment and Accreditation in Healthcare Tunisia
Dorsaf Daldoul, LR11ES20, National Engineering School of Bizerte, Tunisia
Emna Essadik, Faculty of Economic Sciences and Management of Sousse
Faten Ben Chihaoui, National Engineer School of Bizerte
Fatma Tritar-Cherif, Hôpital A. Mami Ariana
Farouk Boumehrez, Department of industrial Engineering, Faculty of Sciences and Technologies, ABBES Laghrour University, Khenchela
Fehmi Hmida, National engineering school of Carthage, University of Carthage, Tunisia
Fouad MALIKI, higher school in applied sciences of Tlemcen (ESSA-Tlemcen) and Manufacturing Engineering Laboratory of Tlemcen (MELT)
Hateem Ghazel, STRATYNNNOV
Hanan Bouchriha, LACS -National engineering school of Tunis -University of Tunis El Manar, TUNISIA
Hanène Chaabane, Ministry of Health, Tunisia
Hatem Hadda, Sousse University ISTL Sousse, Tunisia
Hejer Khelif Hachicha, LR-OASIS, National engineering school of Tunis -University of Tunis El Manar, TUNISIA
Houda Gharbi, Hôpital Abderrahmen Mami de l’Ariana
Hussein Ali Salah, University of Baghdad, Baghdad, Iraq
Imen Mejri, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia

Imen Ben Ida, Ecole Supérieure de Génie Informatique et de Technologies ESGITEHC
Imen Harbaoui, National Institute of Applied Science and Technology
Imen Essoussi-Tissier, Department of Industrial Engineering- King Abdulaziz University, Saudi Arabia
Kahena Bouzid Ghozzi, CDS du Laboratoire de Biochimie. Hôpital Charles Nicolle
Kirill Kornilov, Organization :Accreditation Canada
Mehdi SOUIER, University of Tlemcen, Algeria
Monia Rekik, CIRRELT & Université Laval, Canada
Manjush Karthika, Respiratory Care at Khawarizmi International College
Marwa Hasni, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Mohamed Yassine KAABAR, Mohamed Tahar Maamouri Hospital - Faculty of Pharmacy of Monastir
Mouna Sakly, Médecin Généraliste
Mounira Masmoudi, OMS, Ministère de la santé, Association Tunisienne Sport pour Tous
Najla Aissaoui, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, Tunisia / National Engineering School of Carthage, Tunisia
Nadia BAHRIA, National Engineering School of Tunis / Private International Polytechnic School of Tunis
Nadia Ben Mansour, Faculty of Medicine of Tunis/ National Health Institute
Najoua Miladi, University of Tunis El Manar
Phares Ochola, Technical Universities Of Kenya, School Of Business & Management Studies L, Department Of Management Science & Technology
Rania Boujemaa, Interuniversity Research Center on Enterprise Networks, Logistics and Transportation (CIRRELT), Canada
Rim Kalai, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Reham Kotb, High Institute of Public Health, Alexandria University
Safa Chabouh, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia
Safa Elkefi, Stevens Institute of Technology, USA
Salma Chahed, University of Westminster, United Kingdom
Sana Layeb, University of Carthage, National School of Architecture and Urbanism (ENAU), Research Team on Ambiances (ERA), Tunisia
Sana Bouajaja, LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, Tunisia / Higher Institute of Industrial Management of Sfax
Sondes Chaabane, LAMIH Laboratory, UMR CNRS 8201, France
Sondes Hammami, LACS-ENIT / National engineering school of Carthage -Carthage University, TUNISIA
Sonia Abdelhak, Institut Pasteur de Tunis
Walid Klibi, Kedge Business School, France
Yosra Guedri ep Souani, Faculty of Medicine of Sousse, Sahloul University Hospital, sousse Tunisia
Zeineb Ben Houria, National School of Engineers of Sfax, Dept. of Mechanical Engineering, LA2MMP.

Keynote Speakers



GUEST OF HONOR

Pr Chokri HAMMOUDA (MD; Prof.)
General Director of National Authority
for Assessment and Accreditation in Healthcare



Pr MARGARET L BRANDEAU

Coleman F. Fung Professor in the School of Engineering
Professor of Health Policy (by Courtesy)
Department of Management Science and Engineering
Stanford University, Stanford, California, USA



Pr Angel RUIZ

Full professor at the faculty of business administration,
University Laval, in Canada
Member of the Interuniversity Research Center on Enterprise
Networks, Logistics, and Transportation (CIRRELT)



Pr Najla Aissaoui

Assistant professor of Industrial Engineering at the National
Engineering School of Carthage
Member of OASIS Lab at the National Engineering School of Tunis,
Tunisia.



Pr Mohamed Boussarsar

Professor, MD , Head of Medical Intensive Care Unit. Research
Laboratory N° LR12SP09. Heart Failure.
Farhat Hached University Hospital. Faculty of Medicine of Sousse.
University of Sousse. Tunisia.
PLOSOne Academic Editor.
Farhat Hached Hospital Medical Committee President.
Non-Invasive Ventilation Specialized Master Coordinator.
Artificial Intelligence Applied to Healthcare Postgraduate
Certificate Coordinator.
President Founder of MAiA (Medical Artificial Intelligence
Association).

List of Participants

A

Adnen El-Amraoui
Ahmed Shihab Ahmed
Aida Jebali
Ala Yangu
Amel Jaoua
Amina Antit
Amira Ben Sassi
Amira Brahmi
Amira Ghazouani
Anwer Ncibi
Asma Bachali
Asma Ouled Bedhief
Awatef Azzebi
Awatef Azzebi
Aymen Yahyaoui

B, C

Bartkiz Ahlem
Belghith Mariem
Ben Hamed Nesrine
Ben Sassi Amira
Blaiech Najwa
Bouajaja Sana
Bouguerra Hind
Bouguerra Hind
Boumehrez Farouk
Bouزيد Kahena
Chahid Ahabchane
Chefi Triki
Chokri Hamouda

D, E, F, G

Daly Salma
Dorsaf Daldoul
Dorsaf Zellama
Ehab Juma Adwan
El Kefi Safa
Elaa Elgharbi
Emna Abdi
Eya Chouchene
Eya Hadhri
Ezzedine Gazouani
Fatema H. AlJazeera
Fehmi H'Mida
Ferjani Wafa
Fouad Maliki
Ghada Yakoubi

H, I, J, K, L

Hadil Bouasker
Haifa Nouira
Hajer Khlif
Hamdi Triki
Hammada Lekehal
Hanen Bouchriha
Hasan H. Abdulla
Hedhli Hana
Houda Gharbi
Hussein Ali Salah
Ikbel Ghachem
Imen Mejri
Islam Mzoughi
Issam Nouaouri
Jameleddine Boubahri
Jouini Sarra
Kaouther Ben Amar
Khadidja Sefraoui
Khedija Zaouche
Khouloud Bennour
Lajmi Khaled
Lameri Mohamed

M, N, O, R

Maatoug Nesrine
Majdi Salem
Manel Kallel
Manel Neffati
Mariem Belhor
Mathieu Roux
Mehdi Souier
Mohamed Kerkeni
Mohamed Yassine
Kaabar
Mouna Ben Azaiz
Myriam Gharbi
Najla Aissaoui Omrane
Najoua Blaiech
Neffati Arwa
Nejia Bejaoui
Olfa Challouf
Othmani Safia
Oualid Jouini
Oumar Khlelfa
Oussama Ben Ali
Rhouma Seifeddine
Rihem Dahmane

G, S, T, W, X, Y, Z

Gilles Goncalves
Safa Bhar Layeb
Safa Elkefi
Sahour Abdelhakim
Sana Layeb
Shaikha A. Hasan
Sihem Majoul
Sondes Hammami
Souad Ghazouani
Thomas Botrel
Tlili Salma
Wafa Ferjani
Xiaolan Xie
Yassine Boussif
Yosra Guedri
Youssef Ben Amor
Zainab S.
Almahafdha
Zeineb Ben Houria
Zied Jemai
Zoldy Mate
Zoubli Aymen

List of Accepted Papers

Title	Authors
1- A Service Oriented Architectural based Big Data Management for a Bahraini Primary Healthcare Centre (SOA-MHC)	Hasan H. Abdulla, Fatema H. AlJazeera, Shaikha A. Hasan, Zainab S. Almahafdha, Ehab Juma Adwan
2- Amélioration des Services d'Urgence à l'Hôpital Mahmoud El Matri : Une Approche Conforme au Label MARHBA	Manel Neffati, Majdi Salem, Khedija Zaouche, Manel Kallel, Houda Gharbi, Hejer Khelif, Souad Ghazouani, Chokri Hammouda
3- An Assignment MILP Model for Planning and Scheduling Elective Surgeries	Asma Ouled Bedhief, Najla Aissaoui, Safa Layeb Bhar
4- Analysis of the factors affecting the patient's length of stay following emergency surgery	Youssef Ben Amor, Zied Jemai, Oualid Jouini, Aida Jebali, Xiaolan Xie, Thomas Botrel, Mathieu Roux
5- Application de la Maintenance Productive Totale dans un service de réanimation	Hejer Khelif, Houda Gharbi, Amira Brahmi
6- Application du Lean Healthcare pour améliorer l'efficacité d'un service oncologie	Amira Brahmi, Hejer Khelif, Houda Gharbi
7- Applying Evolutionary Algorithms for Physician Scheduling in an Emergency Department	Ghada Yakoubi, Safa Bhar Layeb, Chahid Ahabchane
8- Autoimmunity and Deep Learning techniques: Case study of anti-nuclear antibodies	Mouna Ben Azaiz, Oumar Khlelfa, Aymen Yahyaoui, Anwer Ncibi, Ezzedine Gazouani
9- Coalition Pool to Manage Shared Customers for the Delivery of Pharmaceutical Products	Amina Antit, Amel Jaoua, Safa Bhar Layeb, Chefi Triki
10- Conception d'un système de contrôle de blisters non-conformes	Eya Chouchene, Hamdi Triki, Sondes Hammami
11- Data Mining Techniques for Diagnosis, Treatment, and Prevention of Hemorrhagic Fever	Ahmed Shihab Ahmed, Hussein Ali Salah, Safa Bhar Layeb
12- Decision support for the delivery of consumables to home dialysis patients	Haifa Noura, Sondes Hammami, Adnen El-Amraoui, Gilles Goncalves, Hanen Bouchriha
13- Délais de validation des bilans d'urgence dans un laboratoire de Biologie Médicale hospitalier : impact d'un changement organisationnel	Mohamed Yassine Kaabar, Ikbel Ghachem, Asma Bachali
14- Designing IT Solutions for Addressing the Unique Support Requirements of Autistic Children	Eya Hadhri, Sana Layeb, Safa Elkefi, Safa Bhar Layeb

15-Efficient Scheduling in Operating Rooms: A Tunisian Hospital Case Study	Mariem Belhor, Adnen El-Amraoui
16-Étude des Critères de Sélection des Fournisseurs de l'industrie pharmaceutique dans le Contexte Post-COVID-19	Tlili Salma, Bouajaja Sana, Belghith Mariem
17-Etude de la Littérature du Problème de Dimensionnement d'Entrepôts Pharmaceutiques	Ben Hamed Nesrine, Bouajaja Sana, Belghith Mariem
18-Evaluation et amélioration de la performance d'un laboratoire d'analyses médicales	Mohamed Yassine Kaabar, Safa Bhar Layeb, Imen Mejri, Najla Aissaou
19-Exploring the observational differences between binocular magnifying glass and scanning electron microscope in the study of Randall's plaque and calcium oxalate kidney stone	Amira Ben Sassi, Wafa Ferjani, Najoua Blaiech, Kahena Bouzid
20-Filter and machine learning methods in selecting critical features for data classification	Sahour Abdelhakim, Boumehrez Farouk, Lameri Mohamed
21-From Roads to Remedies: Exploring the Healthcare Applications of Autonomous Vehicles in Enabling Inclusive and Remote Medical Services	Elaa Elgharbi, Safa Bhar Layeb, Zoldy Mate
22-Gestion d'une non-conformité analytique en biologie médicale : Cas d'une technique spectrophotométrique manuelle	Lajmi Khaled, Maatoug Nesrine, Bouzid Kahena
23-Improving quality and health services management in Tunisian hospitals through the 5S KAISEN TQM approach	Rhouma Seifeddine, Neffati Arwa, Bouguerra Hind, Olfa Challouf
24-Influence de transport des échantillons sanguins par système pneumatique sur les résultats de certains paramètres en biochimie	Bartkiz Ahlem, Daly Salma, Bouzid Kahena, Zoubli Aymen, Lajmi Khaled, Hedhli Hana, Othmani Safia, Jouini Sarra
25-Jumeaux Numériques pour la gestion des systèmes de santé	Zeineb Ben Houria, Hajer Khelif
26-L'Architecture pour le bien-être mental : Recommandations spatiales pour l'Inclusion sociale des Personnes Atteintes de TSA en Tunisie	Yassine Boussif, Sana Layeb
27-La communication au sein d'une dynamique formelle de management de la qualité : Cas d'un laboratoire hospitalier	Lajmi Khaled, Bouzid Kahena
28-Optimization of Nephrological Care: Peritonitis prediction using Machine Learning tools	Mohamed Kerkeni, Islam Mzoughi, Myriam Gharbi, Sondes Hammami, Yosra Guedri, Rihem Dahmane, Awatef Azebi, Dorsaf Zellama
29- Perte de la technique en dialyse péritonéale avec Machine Learning	Ala Yangui, Hammada Lekehal, Sondes Hammami, Myriam Gharbi, Yosra Guedri, Rihem Dahmane, Awatef Azebi, Dorsaf Zellama

30-Planification des livraisons de matériel et matières médicaux aux patients dialysés (Liv-PaD)	Emna Abdi, Dorsaf Daldoul, Issam Nouaouri
31-Predictive Modelling for Surgical Duration in Emergency Operating Rooms: A Machine Learning Perspective	Hadil Bouasker, Oualid Jouini, Zied Jemai, Aida Jebali, Xiaolan Xie, Thomas Botrel, Mathieu Raux
32-Preventive Maintenance in Operating Theatres: Status of Research	Khadidja Sefraoui, Fouad Maliki, Najla Aissaoui Omrane, Safa Bhar Layeb, Mehdi Souier
33-Redéfinir la prestation des systèmes de santé : Exploiter les solutions informatiques pour améliorer la performance de la prise en charge des enfants TSA	Layeb Sana, El Kefi Safa
34-Role of Tunisian Services Competitiveness Support Program in introducing and institutionalizing a quality management system for health facilities	Rhouma Seifeddine, Neffati Arwa, Bouguerra Hind
35-Rôle de l'INEAS dans la Résilience du système de santé Tunisie	Houda Gharbi, Sihem Majoul, Chokri Hamouda
36-Tableau de bord multidimensionnel au service du bloc opératoire	Nejia Bejaoui, Amira Ghazouani, Hajer Khelif, Sondes Hammami, Jameleddine Boubahri
37-Towards Tailoring Reinforcement Learning to Solve the Online Surgery-Planning and Scheduling Problem	Khouloud Bennour, Asma Ouled Bedhief, Safa Bhar Layeb, Najla Aissaoui
38-Transformative Architecture: Fostering Inclusive Spaces for Neurodivergent Well-being in Tunisia	Kaouther Ben Amar, Sana Layeb
39-Why and how are kidney stones analysed?	Ferjani Wafa, Ben Sassi Amira, Lajmi Khaled, Blaiech Najwa, Bouzid Kahena
40-5S-KAIZEN implementation in imaging department	Oussama Ben Ali, Houda Gharbi, Sondes Hammami, Fehmi H'Mida

A Service Oriented Architectural based Big Data Management for a Bahraini Primary Healthcare Centre (SOA-MHC)

Hasan H. Abdulla^{1*}, Fatema H. AlJazeera^{1**}, Shaikha A. Hasan^{1***}, Zainab S. Almahafdha^{1****},
Dr. Ehab Juma Adwan²

^{1*} Primary Healthcare Centres, Kingdom of Bahrain
habdulla@phc.gov.bh

^{1**} University of Bahrain, Kingdom of Bahrain
fhahmed@uob.edu.bh

^{1***} University of Bahrain, Kingdom of Bahrain
saliyahmed@uob.edu.bh

^{1****} British University of Bahrain, Kingdom of Bahrain
z.almahafdha@bub.bh

² University of Bahrain, Kingdom of Bahrain
eadwan@uob.edu.bh

Abstract: This research designs and applies a Service-Oriented Architecture-based approach for managing big data in a Primary Healthcare Centre in Bahrain (SOA-MHC). The study employs the Design Science Research Methodology to develop the SOA-MHC artifact, which leverages SOA principles to create a modular and adaptable architecture for handling healthcare big data efficiently. The findings demonstrate the significant benefits of the SOA-MHC, including improved data integration, enhanced analytics, operational efficiency, and patient satisfaction.

Keywords: Big Data, Healthcare, Service-Oriented Architecture, Enterprise Architecture, Design Science Research Methodology.

1 Introduction

The rapid data growth in the healthcare industry has presented significant challenges in managing and leveraging big data effectively [1]. This paper aims to design and apply a service-oriented architecture-based approach for managing big data for a Primary Healthcare Centre in Bahrain (SOA-MHC) to overcome these challenges. The aim is to investigate the application of Service-Oriented Architecture (SOA) principles in enterprise architecture for managing big data in the healthcare centre [2].

2 Problem description

The primary healthcare centre faces several critical issues in managing and utilizing its vast data assets. The current data management practices are characterized by data silos, limited integration across disparate systems, and insufficient analytics capabilities [3]. This fragmentation hinders the ability to gain comprehensive patient insights, make data-driven decisions, and improve operational efficiency. Moreover, ensuring data security, privacy, and governance remains a significant concern, given the sensitive nature of healthcare data. The exponential growth of data from various sources, including electronic health records (EHRs), medical imaging, and IoT devices, further exacerbates these challenges, necessitating a scalable and flexible architecture to harness the potential of big data [4].

3 Methodology

The paper employs the Design Science Research Methodology (DSRM) to guide the development of the SOA-MHC artifact [5]. The six phases of the DSRM, including problem identification and motivation, defining objectives of a solution, design and development, demonstration, evaluation, and communication, are followed to ensure a comprehensive approach to the research. Diverse data collection methods are utilized to gather insights and inform the design and development of the SOA-MHC model. These methods include stakeholder interviews with healthcare professionals, IT experts, and managers to understand their

requirements and challenges. Document reviews of existing data management policies, system architectures, and IT strategies are conducted to assess the current state and identify areas for improvement. Observations of current data workflows and user interactions are carried out to understand the system's functionalities and limitations firsthand. Additionally, benchmarking research is performed to learn from best practices and successful implementations of SOA-based big data management in healthcare.

4 Results and interpretations

The SOA-MHC utilizes a three-tier architecture: Data Integration, Service, and Presentation layers. The Data Integration Layer manages data from sources like EHRs into a central repository. The Service Layer offers reusable services via APIs and microservices for data and analytics. The Presentation Layer provides interfaces for data visualization.

Implementing SOA-MHC in primary healthcare centres improves data integration and interoperability, reduces data silos, and facilitates data exchange. It enhances analytics, aiding in evidence-based decisions and personalized care. Operational efficiencies are improved through streamlined data management and automated workflows, boosting patient engagement by providing secure health information access.

Challenges include resistance from healthcare providers, necessitating training, and change management. Data security and privacy require robust security protocols and adherence to regulations. Maintaining data integrity and reliability is essential through effective data governance and quality management.

5 Conclusions

The SOA-MHC architecture demonstrates the transformative potential of leveraging SOA principles for big data management in healthcare. By enabling data integration, enhancing analytics capabilities, improving operational efficiency, and promoting patient engagement, the SOA-MHC provides a scalable and flexible solution to address the challenges faced by the primary healthcare centre. The successful implementation serves as a model for other healthcare organizations seeking to harness the power of big data and deliver high-quality, patient-centric care.

6 References

- [1] M. Fugini, J. Finocchi and P. Locatelli, "A Big Data Analytics Architecture for Smart Cities and Smart Companies," *Big Data Research*, vol. 24, p. 100192, 2021.
- [2] S. Kumar and M. Singh, "Big data analytics for healthcare industry: impact, applications, and tools," *Big Data Mining and Analytics*, vol. 2, pp. 48-57, 2019.
- [3] F. Li, X. Yu, R. Ge, Y. Wang, Y. Cui and H. Zhou, "BCSE: Blockchain-based trusted service evaluation model over big data," *Big Data Mining and Analytics*, vol. 5, pp. 1-14, 2022.
- [4] E. A. Bayrak and P. Kirci, *A Brief Survey on Big Data in Healthcare*, IGI Global, 2022, pp. 148-162.
- [5] K. Peffers, M. Rothenberger, T. Tuunanen and R. Vaezi, *Design Science Research Evaluation*, Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 398-410.

Amélioration des Services d'Urgence à l'Hôpital Mahmoud El Matri : Une Approche Conforme au Label MARHBA

Manel NEFFATI¹, Majdi SALEM¹, Khedija ZAOUCHE², Manel KALLEL²,
Houda GHARBI³, Hejer KHLIF¹, Souad GHAZOUANI², Chokri HAMMOUDA³

¹ UR-OASIS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar, Tunisie.
hejer.khlif@enit.utm.tn

² Hôpital Mahmoud El Matri, Tunis, Tunisie.
khedijazaouche@gmail.com

³ Instance Nationale de l'Evaluation et d'Accréditation en Santé, Tunis, Tunisie.
houda.gharbi@gmail.com

Résumé : Cet article détaille la démarche déployée pour améliorer l'accueil au service d'urgence de l'Hôpital Mahmoud El Matri Ariana, conformément aux critères du label MARHBA. Il décrit le processus complet, de l'analyse de l'existant jusqu'à la mise en œuvre des solutions proposées. Les résultats obtenus sont examinés dans le contexte de l'engagement de l'administration envers l'amélioration continue de la qualité des services de santé.

Mots-clés : Accueil, Service d'urgence, Label MARHBA, Qualité, Amélioration continue.

1 Introduction

Le service d'urgence hospitalier est une porte d'entrée cruciale pour les patients nécessitant des soins médicaux immédiats. Notre étude vise à améliorer la qualité de l'accueil dans ce service, garantissant ainsi des prestations conformes aux exigences du label MARHBA. Ce label est le fruit de la collaboration entre l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle et l'Unité de la Qualité des Prestations Administratives de la Présidence du Gouvernement. Il vise à assurer la qualité des services d'accueil selon des critères stricts qui couvre 6 domaines principaux : l'accueil physique, accueil téléphonique, gestions des courriers, gestions des courriels, gestion du site web, système de management.

2 La synergie de label MARHBA et la Politique Nationale de la Santé

Le label "MARHBA" joue un rôle crucial dans la réalisation de plusieurs objectifs définis dans le Pilier 7 de la PNS [1], notamment :

- 2.6 : Envisager de nouvelles technologies, RDV en ligne ...
- 3.2 : Établir des systèmes d'orientation à double sens.
- 3.3 : concevoir un cadre explicitant les liens entre les services.
- 4.2 : Améliorer l'accessibilité de l'hôpital public. Accessibilité géographique, financière et culturelle
- 4.3 : Créer des mécanismes de collaboration et d'amélioration des soins au sein de l'hôpital.
- 5.2 : Créer des espaces d'écoute et de participation à tous les niveaux des prestataires de services.
- 7.5 : Renforcer l'offre de soins en première ligne, en prenant en compte les besoins et les préférences des usagers.

Ainsi, le label MARHBA s'intègre parfaitement aux orientations de la PNS en contribuant à la réalisation de ces objectifs fondamentaux visant à l'amélioration du système de santé nationale.

3 La synergie de label MARHBA et L'ISO 9001 :2015

Le tableau 1 met en évidence la correspondance entre le domaine 6 du label et les chapitres de l'ISO 9001 :2015 [2].

Tableau 1 : La synergie de label MARHBA et L'ISO 9001 :2015

Le label MARHBA	La norme ISO 9001 :2015
6.1 : Engagement d'accueil Un engagement "qualité d'accueil"	5.2 : Établissement d'une politique qualité Un engagement sur la qualité de la prestation
6.2 : Responsabilités Responsable qualité	5.3 : Rôles et responsabilités du personnel Responsable qualité
6.3 : Organisation documentaire	7.5 : Information documentée
6.4 : Compétences, formation et sensibilisation La formation des agents chargés de l'accueil	7.2 & 7.3 : compétences et à la sensibilisation. Garantir les compétences nécessaires
6.5 : Environnement du travail	7.1.4 : environnement pour la mise en œuvre des processus
6.6 : Réponse aux réclamations	8.7 : Maîtrise des éléments de sortie non conformes. 10.2 : Non-conformité et action corrective
6.7 : Mesure de la satisfaction des clients	9.1.2 : Satisfaction du client
6.8 : Indicateurs	9.1.3 : Analyse et évaluation
6.9 : Auto-évaluations	9.2 : Audits internes
6.10 : Bilan annuel (la revue de direction)	9.3 : Revue de la direction

La convergence entre ces deux normes apparaît clairement, démontrant ainsi la pertinence de leur synergie dans le contexte de l'amélioration continue de la qualité des services de santé.

4 Méthodologie

Notre approche méthodologique repose sur une démarche en 9 étapes, élaborée en se basant sur la procédure d'octroi [3] du label publié dans le référentiel [4]. Cette démarche a été validée lors de notre première réunion avec la direction de l'hôpital comme illustré dans la Figure 1.

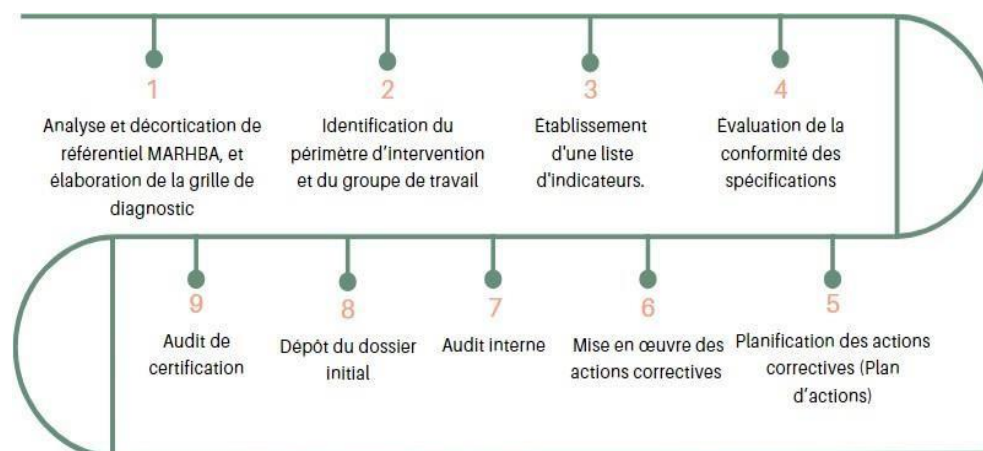


Figure 1. La méthodologie de labellisation

5 Résultats et interprétations

L'analyse du référentiel du label MARHBA a abouti à établir une grille de diagnostic qui comporte 112 exigences réparties sur 6 domaines.

À la suite d'une réunion avec la direction de l'hôpital, nous avons décidé de se focaliser sur deux domaines qui sont l'accueil physique et le système de management et on a temporairement suspendu quatre domaines : l'accueil téléphonique, la gestion du courrier, la gestion des courriels et la gestion du site Web.

Après un examen approfondi, divers problèmes ont été découverts, allant de l'accueil physique à la gestion des réclamations. En réponse, des mesures correctives ont été prises, telles que l'amélioration de la signalisation, la formation du personnel pour accueillir les personnes à mobilité réduite, l'installation d'un système d'alarme incendie et l'amélioration de la gestion des réclamations et plaintes.

La direction a accueilli favorablement ces suggestions en mettant en œuvre des actions telles que l'amélioration de la signalisation, la mise en place de panneaux informatifs et la révision des procédures de traitement des réclamations. Cependant, les contraintes budgétaires ont limité les améliorations qui pouvaient être effectuées dans une plus grande mesure.

Les interventions entreprises ont conduit à des améliorations significatives, comme en témoignent les pourcentages du taux de conformité des exigences avant et après les actions correctives :

La figure 2 illustre l'évaluation du taux de conformité aux exigences du Label avant et après la mise en place des mesures correctives. Nous avons observé une amélioration du taux de de 23,20% à 33,90%. En ce qui concerne l'accueil physique, nous sommes passés d'un taux initial de 27,77% à 44,44%, mettant en évidence une amélioration significative dans ce domaine crucial. De même, le système de management a également enregistré une nette amélioration, passant d'un taux de 32,25% à 51,61%.

Ces chiffres témoignent de l'impact positif des mesures correctives mises en place et de l'engagement de l'équipe à améliorer les normes et les processus au sein de l'hôpital.

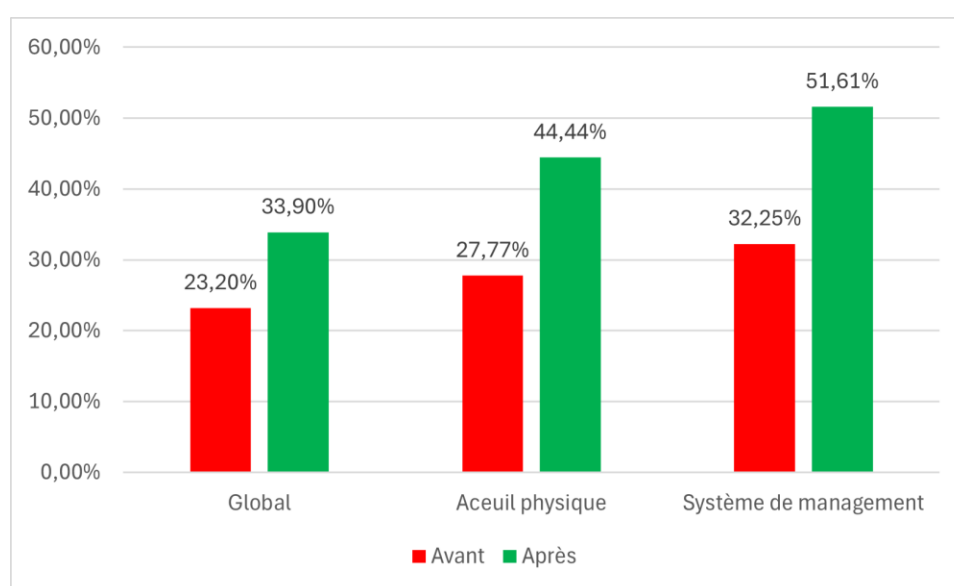


Figure 2. Évaluation du taux de conformité aux exigences du Label avant et après nos actions

6 Conclusions et perspectives

En conclusion, notre démarche a permis d'identifier des pistes d'amélioration concrètes et d'obtenir des résultats positifs. Nous continuons à travailler en vue d'une amélioration continue et d'une expérience optimale pour les patients.

7 Références

[1] Draft du Plan Stratégique de la Politique Nationale de la Santé à l'horizon 2035, Rapport technique Version juillet 2023, consulté le 24 janvier 2024.

[2] Abderrahmane Oueslati (July 21, 2023). Quelle synergie possible entre le Label « MARHBA » et la norme ISO 9001:2015 ? | LinkedIn , consulté le 24 janvier 2024.

[3] Processus d'octroi du label d'accueil "MARHBA" pour la qualité d'accueil,

[4] ,INNORPI 2020 (<https://www.innorpi.tn/fr/label-marhba>, consulté le 4 février2024).

[5] Référentiel de certification de conformité label "MARHBA" pour la qualité de l'accueil, INNORPI , 2020 (<https://www.innorpi.tn/fr/label-marhba>, consulté le 3 janvier 2024).

An Assignment MILP Model for Planning and Scheduling Elective Surgeries

Asma Ouled Bedhief¹, Najla Aissaoui², Safa Layeb Bhar³

¹ LR-OASIS, Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Tunis,
University of Tunis El Manar,
Tunis, Tunisia

Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Bizerte,
University of Carthage
Tunis, Tunisia

Email address: asma.ouledbedhief@enit.utm.tn

² LR-OASIS, Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Tunis,
University of Tunis El Manar,
Tunis, Tunisia

Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Carthage,
University of Carthage
Tunis, Tunisia

Email address: najla.aissaoui.omrane@gmail.com

³ LR-OASIS, Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Tunis,
University of Tunis El Manar,
Tunis, Tunisia

Email address: safa.layeb@enit.utm.tn

Abstract: *This work investigates an integrated elective surgery-planning and scheduling problem considering simultaneously the operating rooms and the recovery beds. It aims to find an optimal schedule that minimizes the maximum daily closing time of the operating theatre. To solve exactly this challenging NP-hard problem, we developed an assignment Mixed Integer Linear Programming model (MILP). To assess its performance, we have conducted numerical experiments on a set of benchmark instances. The results prove that the proposed model can solve instances with up to 20 surgical cases in a reasonable CPU time.*

Keywords: *Operating rooms, Recovery Beds, Planning, Scheduling, MILP.*

1 Introduction

In recent years, the integrated surgery planning and scheduling problem has garnered more attention in the literature, where surgery planning consists on fixing a surgery date for each patient, and surgery scheduling focuses on the assignment of patients to resources (such as hospital beds, operating rooms, recovery beds, and surgical teams), and their sequencing on the specific day of surgery. Integrating these two tasks aims to enhance coordination and improve the overall performance of the surgical unit.

Many recent research works have simultaneously addressed surgery planning and scheduling problems as evidenced by [1,2,4,5]. These studies have tackled many objective functions, constraints and proposed several solution approaches. For a comprehensive literature review on surgery planning and scheduling problem, readers are referred to [3].

2 Problem description

In this study, we address an NP-hard integrated elective surgery planning and scheduling problem, which simultaneously considers both operating rooms and recovery beds. Due to its inherent complexity, this problem has been largely overlooked in previous research [1]. By incorporating both of these two resources, we aim to develop a comprehensive understanding of the challenges and opportunities in surgical scheduling and resource allocation. Given a set of elective surgeries

(patients) to be performed (resp. to be operated on) and a number of available operating rooms and recovery beds, we face the problem of determining for a given planning horizon: (1) the surgery date for each patient; (2) the operating room and the recovery bed to be assigned to each surgery; and (3) the surgery order on each operating room, recovery bed and operating day. Our objective is to find an optimal schedule that minimizes the maximum daily closing time of the operating theatre, which represents the makespan of all surgeries overall operating rooms and recovery beds.

3 Assignment-based MILP model

To solve exactly, this challenging problem, we develop an assignment-based Mixed Integer Linear Programming model, which extends a state-of-the-art mathematical formulation of the hybrid flow shop scheduling problem. This model uses two distinct variables, X and Y , to express both patients' sequencing and resource assignment decisions. The objective function aims to minimize the maximum daily closing time of the operating theater (operating rooms and recovery beds). Our model incorporates a series of constraints to optimize the assignment of surgeries to both operating rooms and recovery beds. These constraints ensure efficient resource allocation and synchronized usage between the two stages of surgical care. Additionally, they establish a clear linkage between the start time of patient recovery and the release time from surgery, while also defining precedence rules within each stage to prioritize scheduling. Moreover, a requirement for a single predecessor for surgery combinations is enforced to maintain procedural order. Furthermore, constraints are imposed to limit the maximum completion time of all surgeries, ensuring timely completion. Temporal restrictions are ultimately applied to surgery start times and completion times, aligning them with the operational hours of the operating theatre and guaranteeing scheduling integrity.

4 Results et interpretations

To evaluate the performance of the proposed assignment-based MILP, we conducted experiments on a set of generated instances inspired by previous research [6]. The model could be solved using a general-purpose Mixed Integer Programming solver. We have used the CPLEX 12.2 commercial solver.

Table 1. Preliminary results of the proposed assignment-based-MILP

Instances	No. Of Patients	No. Of OR	No. Of RB	Planning Horizon	Optimal Solution		CPU time (s)
					Found	Not found	
I1-10-2-2-5	10	2	2	5	X		1
I2-15-2-2-3	15	2	2	3	X		12
I3-20-4-4-5	20	4	4	5	X		19
I4-30-4-3-5	30	4	3	5		X	-

Table 1 reports the results of 4 instances. Not surprisingly, the proposed model has quickly become intractable because of its quite considerable number of variables and constraints. Future work will focus on enhancing the model by adding valid constraints to solve instances with more than 20 patients.

5 Conclusions et perspectives

In this work, our focus was on finding the optimal solution to the integrated elective surgery-planning and scheduling problem, taking into account both operating rooms and recovery beds. To minimize the maximum daily closing time of the operating theatre, we formulated an assignment-based mixed integer linear programming model. Computational experiments revealed that the proposed model efficiently handles instances with up to 20 surgical cases within a reasonable CPU time.

6 References

- [1] Akbarzadeh, B., Moslehi, G., Reisi-Nafchi, M., & Maenhout, B. (2020). A diving heuristic for planning and scheduling surgical cases in the operating room department with nurse re-rostering. *Journal of Scheduling*.
- [2] Aringhieri, R; Landa, P; Soriano, P; Tànfani, E; Testi, A (2015). A two-level metaheuristic for the operating room scheduling and assignment problem. *Computers & Operations Research*, 54(), 21– 34.
- [3] Cardeon B, Demeulemeester E, Belien J (2010). Operating room planning and scheduling: a literature review. *Eur J Oper Res* 201(3): 921-932
- [4] Doulabi, S. H. H., Rousseau, L. M., & Pesant, G. (2016). A constraint programming-based branch-and-price-and-cut approach for operating room planning and scheduling. *INFORMS Journal on Computing*, 28(3), 432–448.
- [5] Di Martinelly, C.; Baptiste, P.; Maknoon, M.Y. (2014). An assessment of the integration of nurse timetable changes with operating room planning and scheduling. *International Journal of Production Research*, 52(24), 7239–7250.
- [6] Landa, P., Aringhieri, R., Soriano, P., Tànfani, E., & Testi, A. (2016). A hybrid optimization algorithm for surgeries scheduling. *Operations Research for Health Care*, 8, 103-114.

Analysis of the factors affecting the patient's length of stay following emergency surgery

YOUSSEF BEN AMOR^{1,3}, ZIED JEMAI^{1,3}, OUALID JOUINI¹, AIDA JEBALI, XIAOLAN XIE, THOMAS BOTREL², MATHIEU ROUX²

¹LGI, Centrale Supélec, France

²Pitié Salpêtrière Hospital, France

³OASIS ENIT, ENIT, Tunisia

Abstract: *We conducted machine learning models to predict patient's length of stay after emergency surgery using real database of Pitié Salpêtrière emergency operating room patients and got good predictions (87.2 percent of accuracy for Random forest classifier). Then, we analyzed and ranked the factors related to the length of stay, confirmed our results with experts' opinions, provided a possibility of sequential model to predict the post-surgical length of stay based on data deducted at the moment of admission of the patient.*

Keywords : *post-surgical length of stay, machine learning, data processing, emergency theater*

1 Introduction

The increasing demand for surgical and emergency services worldwide, coupled with rising hospital care costs, poses challenges for timely access and quality of healthcare. To address these challenges, healthcare institutions and researchers have collaborated to optimize resource utilization and reduce hospital operation costs. Post-surgical Length of Stay (PSLOS), the time from operating room discharge to hospital discharge, is a key indicator used to evaluate hospital performance. It serves as a target for quality improvement initiatives, with LOS reduction being a focus of cost containment strategies in recent years. Efficient management of hospital length of stay following emergency surgery is crucial for optimizing hospital resources, enhancing patient care, and reducing costs. Accurate forecasts of length of stay enable better resource planning and tailored patient management. In this study, we explore the use of machine learning techniques to predict patient length of stay after emergency surgery. Our objective is to enhance our understanding of how the post-surgical length of stay behaves as influenced by system parameters such as the pre-surgery waiting time. Additionally, we intend to identify the main factors impacting this duration and study those which can be modified in order to optimize resource utilization and enhance patient scheduling and access to the system. We try also to see whether we can predict the post-surgical LOS based on variables deducted at the moment of admission of the patient. A close collaboration with the medical staff in the EST allowed us to develop a research project with significant real-world applications, satisfying both academic rigor and practical demands.

2 Literature review

There is a growing body of literature on the usage of Predictive Analytics and Machine Learning methods to analyze the LOS at the hospital and to predict the discharge destination of the patients. Factors influencing postoperative Length of Stay (LOS) in urgent surgery patients are categorized into admission-related and peri/post-surgical factors. [1] analyzed 65 studies covering 2.4 million patients, identifying survival/mortality, shock or hemorrhage morbidity, and LOS as primary outcome measures, with Artificial Neural Networks (ANN) being the predominant technique. [2] compared various methods, finding Random Forest to be superior in predicting LOS based on variables such as age, triage category, and admission needs. [3] employed logistic, Classification and Regression Trees (CART), and Random Forest techniques, concluding that Random Forest yielded better results for emergency surgery patients, emphasizing the importance of comorbidities and vital signs. In many cases, the literature focuses on a specific surgical specialty. [4] focused on cardiovascular patients and used Random Forest to pinpoint factors contributing to extended LOS, achieving high accuracy and precision. [5] conducted

a cohort study identifying predictors for prolonged LOS, highlighting the need for additional care, emergency department (ED) hospitalization, and age as significant variables. In another view, some studies have used exclusively the factors deducted at the moment of admission to predict post surgical LOS [6] employed social characteristics in conjunction with indicators of the severity of acute illness and comorbidities within an adult from the Emergency General Surgery (EGS) population to assess their impact on Length of Stay (LOS). Overall, all these studies collectively demonstrate the potential of machine learning in predicting LOS and identifying influential factors.

3 Methodology

To determine the Post surgical Length of Stay (PSLOS) of the non-elective surgical patients at the hospital it is necessary to gather information from several hospital services, and to analyze and merge several databases into one master file that contains information of the patients' flow throughout the hospital. The data base has been provided by the Hospital of la Pitié-Salpêtrière, the Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP) and contains a list of 8412 non elective patients who were operated at the emergency operating theater over 4 years. Then, the data cleaning and preparation process is a critical step in any ML project. Hence, after collecting and understanding the datasets, we proceed to perform a cleansing and standardization process of the different datasets. Several flaws and mistakes in the input of data were identified in this process. The first and main step in the pre-processing is the transformation of CIM10 codes into binary variables representing the different comorbidity subgroups and the transformation of the surgical titles into binary variables taking into account the multiplicity of names for the same procedure. Then we created the new needed variables. Then we started the processing part with drooping the lines with missing timings to have a clean and complete data. The next step was the Features selection using Spearman correlation coefficient. Then, we transformed the extremely noisy data Y into logarithmic form: $\log(Y + 1)$. We proceeded then to normalize our numerical variables, such as our target variable the post surgical LOS, the surgical duration and the waiting time before surgery by the applying the Z-score method, optimizing it then removing the outliers. Before applying the classification methods, we proceeded through clustering using Elbow method to determine the optimal number and the best distribution of LOS classes. Then we applied the Random forest classifier RF and the neural network classifier NN models on our processed dataset. For regression models, we tried to predict the post-surgical length of stay in days and used Linear Regression as well as Decision Trees. Then, we went more forward and applied the Random Forest Regressor. We used all the available variables that were chosen in the Features selection step and we applied the Hyperparameter tuning (for RF and NN). Then we proceeded by testing the different scenarios suggested, testing the different versions of comorbidity subgroups and testing the different versions of clusters (for classification models). Second part: The objectives in this part are the following: predicting the length of stay based on the information collected at the moment of admission and trying to rank these variables based on the different scenarios generated.

4 Results and interpretations

First part: The random forest classification model excelled in predicting length of stay with over 87 percent accuracy, closely followed by the neural network with a less than 2 percent difference. These results outperformed many cited studies, highlighting our data processing and hyperparameter tuning quality. In regression models, the random forest regressor significantly outperformed linear regression and decision tree regressor with an R^2 score of 0.77 and a mean absolute error (MAE) of almost 1 day. Linear regression showed an R^2 score of 0.717 but a higher MAE exceeding 1.5 days, while the decision tree regressor had the lowest performance with an R^2 score of 0.647. The superior performance of random forest can be attributed to its ability to handle complex variables and successful hyperparameter tuning. Overall, random forest consistently outperformed other models in both classification and regression, demonstrating its effectiveness in predicting healthcare data, particularly length of stay.

Second part: The random forest remains the best model for PSLOS prediction in both classification and regression. Experts opinions regarding the variables affecting the PSLOS: The gender appears less influential on Length of Stay (PSLOS), confirming preliminary findings. Initial severity and surgery type remain the most impactful factors on PSLOS, aligning with literature review findings. Comorbidities, age, pre-surgery wait time, and surgery duration also play significant roles. Additionally, factors like patient profile-hospitalization area match and inpatient bed capacity, not previously highlighted in literature or our database, emerge as crucial but challenging to collect for each patient admission. Our study faced challenges in classifying comorbidity subgroups due to the complexity of selecting the best combination of CIM10 codes and representing binary variables. The imbalance in surgical types further affected our models' performance. Orthopedics and Digestive specialties were over represented. Random Forest excelled in testing multiple variable combinations but faced challenges with underfitting and overfitting. Optimizing its parameters often led to overfitting, requiring a balance to maintain accuracy. Additional variables further improved Random Forest's LOS prediction capabilities. Although Neural Network is less cited in literature, it demonstrated strong classification performance. Linear regression and decision trees struggled to establish relationship with complex variables, even with additional attributes. Our objective was to predict PSLOS based on admission data. Random forest results decreased compared to scenario 0 but remained acceptable compared to literature, possibly due to limited perioperative variables and variable importance. We demonstrated PSLOS prediction using only variables extracted at the moment of admission. We showed the importance of the Waiting time before surgery and the surgical duration for PSLOS prediction.

5 Conclusion and perspectives

Our machine learning models, particularly random forest, performed competitively with literature, benefiting from accurate comorbidity and surgical procedure classification, along with additional variables like the Charlson comorbidity index. Despite some data gaps, notably in "patient's initial severity" and "adequation between patient's profile and hospitalization area," our model rankings confirmed strong predictive capabilities compared to expert opinions. Our analysis identified key variables for PSLOS prediction, offering insights for healthcare system improvements such as the mathematical model to optimize the patient scheduling at the emergency operating theater based on the factors that can minimize the length of stay. We successfully predicted PSLOS at admission using a sequential model, suggesting potential enhancements for better predictions. Overall, we improved our understanding of PSLOS, highlighting factors like pre-surgery wait time, and identified modifiable variables to minimize PSLOS.

6 References

- (1) Jose Salinas Nehemiah T Liu. Machine learning for predicting outcomes in trauma. National library of medicine, 2017.
- (2) Frada Burstein Sai Gayatri Gurazada, Shijia Gao and Paul Buntine. Predicting patient length of stay in australian emergency departments using data mining. Sensors, 2022.
- (3) Chia-Lun Lo Mao-Te Chuang, Ya-han Hu. Predicting the prolonged length of stay of general surgery patients: a supervised learning approach. International transactions in operational research, 2022.
- (4) Sakr Ahmed-Al-Thwayee Daghistani, Elshawi and Al-Mallah. Predictors of in-hospital length of stay among cardiac patients: A machine learning approach. International journal of cardiology, 2019.
- (5) Corradi Mascaro Roggero Corsi Scarmozzino Bert, Kakaa and Siliquini. Predicting length of stay and discharge destination for surgical patients: A cohort study. Int J Environ Res Public Health, 2020.
- (6) A. Mondal J. Lambert B. Patel T.L. Ward, S.J. Raybould. Predicting the length of stay at admission for emergency general surgery patients a cohort study. Elsevier, 2021.

Application de la Maintenance Productive Totale dans un service de réanimation

Hajer KHLIF¹, Houda GHARBI², Amira BRAHMI¹

¹ UR-OASIS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar, Tunisie
hejer.khlif@enit.utm.tn ; amira.brahmi@enit.utm.tn

² Instance Nationale de l'Evaluation et d'Accréditation en Santé, Tunisie
houdagharbi@gmail.com

Résumé : *La première préoccupation d'un service de réanimation est de fournir un service de qualité et d'assurer la disponibilité en bon état de ces équipements. Dans ce cadre, nous nous présentons les étapes et les résultats de l'application de la Maintenance Productive Totale (TPM) dans un service de réanimation.*

Mots-clés : *Total Productive Maintenance, Réanimation, 5S, AMDEC.*

1 Introduction

Toute organisation a besoin de bien gérer ces équipements pour assurer sa sécurité et maintenir les fonctions essentielles de ses installations. Ceci devient plus critique au niveau des établissements de soins. En effet, le service maintenance doit s'assurer que tous les utilisateurs sont en mesure de faire fonctionner leurs équipements sans causer d'interruption susceptibles d'affecter la vie du patient [1]. Ainsi, les risques et les défaillances de ses équipements doivent être réduits ou éliminés.

Dans ce contexte, les gestionnaires des établissements de soins peuvent recourir à l'approche initialement développée pour le secteur de production de biens la TPM [2]. Cette approche représente plusieurs avantages. Elle garantit moins d'arrêts, de pannes, de ralentissements et de défauts tout en réduisant les coûts. De plus, elle améliore les conditions de fonctionnement de l'équipement [3,4].

2 Présentation du problème

L'unité Qualité de l'Hôpital Abderrahmane Mami a lancé le projet d'amélioration de la gestion des équipements dans le service le plus critique « le service réanimation ». La présente application a été réalisée en étroite collaboration entre une équipe d'ingénieurs et le personnel de ce service. Pour exprimer la problématique, nous avons utilisé la méthode QQQQCP illustrée par le Tableau 1.

Tableau 1 Fiche QQQQCP du projet

Question	Description
Quoi ? C'est quoi le problème ?	Manque d'un plan de gestion du parc d'équipements médicaux. / Manque d'une politique de maintenance claire. / Délais d'interventions longs. / Absence d'informations utiles sur les équipements. / Manque d'organisation des zones de travail.
Qui ? Qui est concerné par le problème ?	Les patients et le personnel du service de réanimation de l'hôpital A. Mami
Où ? Où se passe le problème ?	Le service de réanimation de l'hôpital A. Mami
Quand ? Quand apparaît le problème ?	Crise de la pandémie COVID-19. Indisponibilité imprévue des équipements en cas de besoin.
Comment ? Comment mesurer le problème ?	Application de l'Approche TPM (Chasse aux gaspillages, Kaizen, 5S, AMDEC)
Pourquoi ? Pourquoi résoudre le problème ?	Amélioration de la fiabilité et de la disponibilité des équipements.

L'étude de terrain et la mise en place des actions d'amélioration se sont déroulées de novembre 2021 à Mai 2022.

3 Méthodologie

Nous avons commencé par une étape de diagnostic ou chasse aux gaspillages. Pour ce faire, nous avons réalisé une collecte des données à travers : (1) La consultation des documents internes (Demande d'intervention), (2), L'observation directe sur le terrain, et (3) Les entretiens avec le personnel (techniciens, chef de service, responsable qualité, infirmiers). Grâce à ces informations provenant des différentes sources, nous avons identifié les différentes anomalies. Pour y remédier un plan d'action a été établi. Le Tableau 2 illustre les anomalies identifiées et les pistes d'amélioration proposées afin de traiter ces derniers, tout en appliquant les outils de la TPM.

Tableau 2 : Plan d'action

Anomalie	Solutions
Absence d'une stratégie de gestion des équipements	Elaborer procédure de gestion des équipements
Absence d'une procédure de maintenance	Préparer une procédure de maintenance Appliquer AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) pour établir le programme de maintenance préventive
Manque de traçabilité (Emplacement, durée de réparation)	Réaliser un inventaire / codification de équipements Mettre en place un registre de Gestion des équipements
Inexistence d'inventaire des équipements Absence d'informations utiles sur les équipements	
Mal organisation de l'espace de stockage des Équipements	Optimiser l'espace et l'organiser en utilisant les 5S

4 Résultats et interprétations

A travers l'application de notre plan d'action, les résultats obtenues sont les suivants :

- Formalisation de procédure de gestion des équipements en optant la modélisation BPMN,
- Formalisation de la procédure de maintenance des équipements
- Identification et codification des équipements de la zone réanimation
- Mise en place d'un registre de suivi des équipements : type, modèle, maintenance préventive, maintenance curative, voltage, ampérage, périodicité de la maintenance
- Organisation de la zone de stockage des équipements ainsi que le flux des équipements,
- Mise en place d'un programme de maintenance préventive pour les respirateurs à travers l'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité.
- Diminution des événements indésirables associés à l'utilisation des équipements de 50% (12 événements indésirables avant l'intervention 6 événements indésirables après l'intervention)

5 Conclusions et perspectives

Ce projet nous a permis de proposer des initiations simples à réaliser et à suivre afin de réduire le taux d'indisponibilité d'équipements, améliorer la qualité et la sécurité des patients et limiter l'occurrence des événements indésirables ce qui fait de ce projet une étape initiale dans une démarche d'amélioration continue au niveau du processus prise en charge des patients.

6 Références

- [1] MAKTOUBIAN, Jamal et ANSARI, Keyvan. An IoT architecture for preventive maintenance of medical devices in healthcare organizations. *Health and Technology*, 2019, vol. 9, p. 233-243.
- [2] RICHARD, L., FAURE, F., et THIBAUT, F. Nouvelles stratégies de maintenance et de coopération pour les services biomédicaux dans un environnement changeant. *ITBM-RBM*, 2001, vol. 22, no 1, p. 53-59.
- [3] KURNIA, Hibarkah, RIANDANI, Andini Putri, APRIANTO, Tri, et al. Application of the Total Productive Maintenance to Increase the Overall Value of Equipment Effectiveness on Ventilator Machines. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 2023, vol. 22, no 1, p. 52-60.
- [4] MORALES MÉNDEZ, Jonathan David et RODRIGUEZ, Ramon Silva. Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2017, vol. 92, p. 1013-1026.
- [5] JAIN, Abhishek, BHATTI, Rajbir, et SINGH, Harwinder. Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2014, vol. 5, no 3, p. 293-323.

Application du Lean Healthcare pour améliorer l'efficacité d'un service oncologie

Brahmi Amira¹, Khlif Hajer¹, Houda Gharbi²

¹ LR-OASIS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie

amira.brahmi@enit.utm.tn ; hejer.khlif@enit.utm.tn

² Instance Nationale de l'Evaluation et d'Accréditation en Santé, Tunisie

houdagharbi@gmail.com

Résumé : Dans ce papier, nous présentons l'application des outils Lean pour améliorer l'efficacité d'un service oncologie. L'objectif principal est de diminuer les délais d'attente. Pour ce faire nous avons commencé par une formalisation du parcours patient et un diagnostic de l'existant. Pour remédier aux dysfonctionnements, un plan d'action a été élaboré et un chantier 5 S a été mis en place.

Mots-clés : Processus, flux de patient, Lean, amélioration continue, délai d'attente.

1 Introduction

Dans le domaine complexe des soins de santé, l'optimisation des processus est essentielle pour assurer l'efficacité des services médicaux et la satisfaction des patients. Le Lean Healthcare, une méthodologie dérivée des principes de gestion de la production de Toyota, émerge comme une solution de plus en plus adoptée pour répondre à ces impératifs [1,2]. En mettant l'accent sur l'élimination des gaspillages, l'optimisation des flux de travail et l'amélioration continue, il vise à fournir des soins de haute qualité de manière efficiente. Ces dernières années, de nombreux hôpitaux aux États-Unis et en Europe ont adopté le Lean Healthcare avec succès. Ils ont vu des résultats concrets, comme la réduction des temps d'attente aux urgences [3], l'optimisation du parcours patient en chirurgie [4], l'amélioration des performances en hôpital de jour d'oncologie [5] et la diminution des erreurs médicales en gynécologie [6]. Pourtant, même avec ces progrès, l'Hôpital Mami a relevé des défis importants dans ses soins aux patients atteints de cancer. Un des problèmes majeurs est le temps d'attente trop longs. Le service oncologique de l'Hôpital Mami est confronté à une gestion complexe des traitements, à une coordination multidisciplinaire difficile et à une demande croissante de qualité des soins dans des délais restreints. Ainsi, une approche axée sur l'amélioration des processus peut avoir un impact significatif sur la qualité des soins, la satisfaction des patients et la gestion efficace des ressources. Dans cette étude, une analyse détaillée a été menée pour formaliser le parcours patient oncologie et proposer des solutions, mettant l'accent sur l'utilisation de méthodes de cartographie et du Lean hospitalier.

2 Méthodologie

La gestion des patients en oncologie présentait des étapes cloisonnées qui étaient à l'origine de dysfonctionnements. Pour appliquer les principes du Lean management, nous avons débuté par la cartographie des processus, nous permettant ainsi d'identifier les dysfonctionnements et les actions prioritaires à intégrer dans un plan de mise en œuvre du Lean management.

2.1 Formalisation du processus Hôpital du Jour (HDJ) du service oncologie

La formalisation des processus revêt une importance cruciale dans un projet Lean, permettant la standardisation des pratiques pour réduire les gaspillages et accroître l'efficacité. Pour y parvenir, nous avons organisé plusieurs réunions avec les parties prenantes concernées, des sessions d'information et de validation, ainsi que des observations sur site, en suivant et en chronométrant chaque étape lors de nos visites à l'hôpital. Cette approche a impliqué non seulement les membres de l'équipe directement impliqués, mais également les parties prenantes externes. Dans cette optique, nous avons débuté par la définition du "qui fait quoi, comment, où et quand", à travers la cartographie des processus, comme le

montre la figure 1. À la suite de cette étape, nous avons élaboré une cartographie exhaustive du parcours patient en oncologie, mettant en lumière les étapes, les interactions et les flux. La formalisation de ce parcours au sein du service de l'Hôpital du Jour (HDJ) en oncologie représente l'une des réalisations majeures de notre projet.

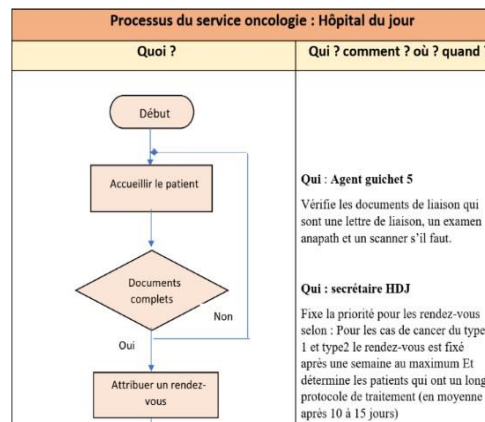


Figure 1 : un aperçu de la cartographie du processus patient oncologie : Hôpital du jour

2.2 Identification des dysfonctionnements

Nous avons commencé par une analyse détaillée des processus existants, mettant en évidence les points de friction et les inefficacités potentielles. Pour cela, nous avons utilisé plusieurs outils d'analyse typiques du Lean hospitalier, comme le diagramme d'Ishikawa et les 5 Pourquoi, pour comprendre les causes profondes des problèmes. Cette analyse a révélé plusieurs anomalies, telles que des retards dus à l'encombrement des dossiers, des erreurs d'orientation des patients, un manque d'information et des problèmes de communication avec les patients.

2.3 Choix des actions d'amélioration

Le 5S a été appliqué pour réorganiser les archives des dossiers médicaux, facilitant ainsi leur récupération par les infirmiers et réduisant l'encombrement de la salle d'archives. Nous avons suivi les cinq étapes définies par cette méthode : clarifier, ranger, nettoyer, normaliser et maintenir. En parallèle, nous avons également mis en œuvre le management visuel pour clarifier le processus à la fois pour les patients et le personnel soignant.

2.4 Résultats et interprétations

Formalisation du processus : La formalisation des circuits patient a permis de réduire les délais d'attente en éliminant les temps morts et en normalisant le processus. De plus, cela a favorisé une communication accrue entre les différents acteurs impliqués dans la prise en charge oncologique, réduisant ainsi les risques d'erreurs et d'orientation incorrecte des patients.

Atelier 5S : L'application des principes 5S a rationalisé l'organisation des archives, réduisant les temps de recherche et améliorant l'accessibilité des informations. De plus, cela a libéré de l'espace pour archiver davantage de dossiers (un espace gagné qui permet d'archiver 5200 nouveaux dossiers).

3 Conclusions et perspectives

En conclusion, la formalisation des circuits patient oncologie à l'Hôpital Mami, grâce à l'application des méthodes de cartographie des processus, d'atelier 5S pour l'organisation des archives, ainsi que des diverses méthodes Lean Management visuelles à l'accueil pour diriger les patients, a permis d'identifier et de résoudre efficacement les dysfonctionnements du processus.

4 Références

- [1] J. Womack and D. Jones. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon and Schuster, 2010.
- [2] TORABI, S. Ali, POUR, Shirin Haddad, and SHAMSI G, Nafiseh. Lean healthcare. *Operations research applications in health care management*, 2018.
- [3] Dickson EW, Singh S, Cheung DS, Wyatt CC, Nugent AS. Application of lean manufacturing techniques in the Emergency Department. *The Journal of emergency medicine*, 2009.
- [4] Collar RM, Shuman AG, Feiner S, McGonegal AK, Heidel N, Duck M, et al. Lean management in academic surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, 2012.
- [5] Van Lent WAM, Goedbloed N and van Harten WH. Improving the efficiency of a chemotherapy day unit: applying a business approach to oncology. *European journal of cancer*, 2009.
- [6] Raab SS, Andrew-Jaja C, Condel JL and Dabbs DJ. Improving Papanicolaou test quality and reducing medical errors by using Toyota production system methods. *American journal of obstetrics and gynecology*, 2006.

Applying Evolutionary Algorithms for Physician Scheduling in an Emergency Department

Ghada Yakoubi^{1,2}, Chahid Ahabchane², Safa Bhar Layeb¹

¹LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar,
Tunis, Tunisia

safa.layeb@enit.utm.tn

² University of Quebec in Abitibi-Témiscamingue, Quebec, Canada
ghada.yakoubi@uqat.ca, chahid.ahabchane@uqat.ca

Abstract: *Efficient management of human resources at emergency departments is crucial due to uncertain arrival rates and fluctuating daily demands. To maximize patient care, a real case study was carried out tackling the physicians' scheduling problem that aims to develop a scheduling system for physicians, aligning productivity with patient demand while respecting several real-world criteria using two evolutionary algorithms, namely the Genetic Algorithm and the Red Deer Algorithm.*

Keywords: *emergency department, physicians scheduling problem, evolutionary algorithms.*

1 Introduction

Suboptimal human resource management in emergency departments can lead to adverse outcomes such as heightened dissatisfaction among patients and physicians [2]. Efficient planning and allocation of physicians are crucial due to their pivotal role in addressing patients' needs amidst unpredictable arrival patterns. Optimizing emergency department physicians scheduling is vital but challenging and previous research has explored various scheduling complexities, yet the unique combination of factors creates a diverse and intricate landscape for physicians scheduling, rendering it particularly challenging [5].

2 Problem description

The problem under study focuses on scheduling physicians at the emergency department of Rouyn-Noranda hospital in Quebec, Canada which experiences a high influx of over 22,000 visits annually. Various constraints, including both hard and soft factors, as well as considerations for physician availability and performance, are taken into account. The objective is to develop optimized physicians' schedules using a mathematical programming approach and two customized metaheuristic approaches: Genetic Algorithm and Red Deer Algorithm aiming to tackle this intricate real-world issue and to ensure satisfaction for both patients, in terms of quality of care and timeliness, and physicians, by effectively managing workloads and achieving balance. The planning horizon for physicians' schedules spans one month, with three 8-hour shifts per day starting at 11 pm, 7 am, and 3 pm, and ending at 7 am, 3 pm, and 11 pm, respectively. Real-world data on physicians' performances and preferences were utilized as well as a fixed number of physicians are assumed, each with individual availability. We also assume that patient arrival rates follow a stochastic Poisson distribution, averaging 4 patients per hour, and at the end of each day, 90% of untreated patients exit without being seen. Furthermore, initially, the system is assumed to be empty.

While prior research has primarily concentrated on maximizing patient throughput to address demand-supply disparities [2,3,1,7], there has been limited attention given to the workload management of physicians in emergency departments [6,4,8]. Nonetheless, effectively managing physicians' workloads remains a significant ongoing challenge.

3 Methodology

To solve the investigated problem, we have adopted the methodology detailed in Figure 1. We began by conducting a field study within the emergency department of Rouyn-Noranda hospital to identify specific problems and constraints. Subsequently, we tailored and implemented two evolutionary algorithms: the state-of-the-art Genetic Algorithm and the recently-introduced Red Deer Algorithm [9].

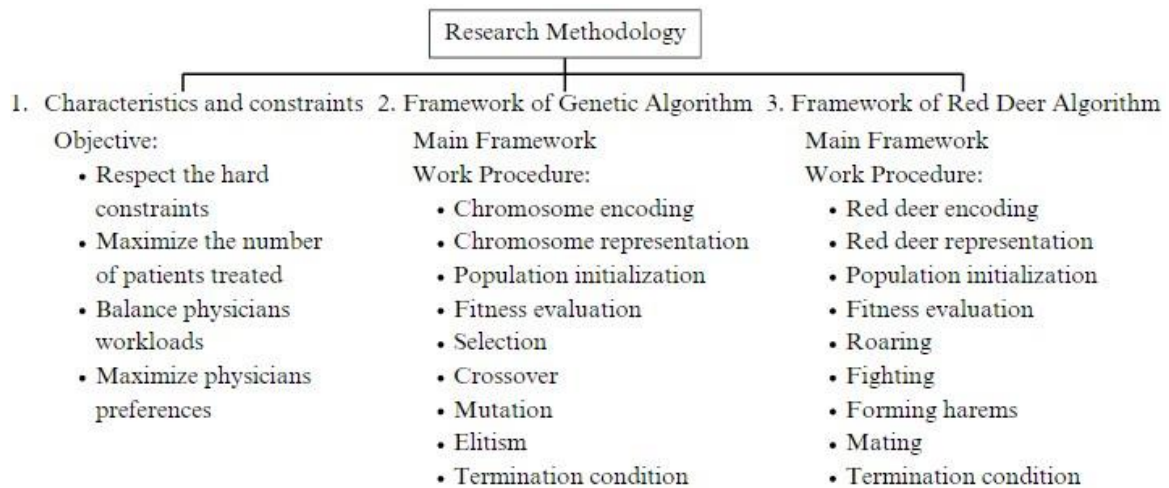


Figure1. Research Methodology.

4 Results and interpretations

A priority order was assigned to the objectives of the problem under study, and various scenarios, each with different weight combinations, were created and executed on both algorithms to determine the optimal scenario that best aligns with the problem's objectives. The programming codes for the problem under study, as well as the resolution algorithms, were written in Python and executed on a computer system with specifications including a 1.30 GHz Intel i7 processor and 12 GB RAM. Subsequently, a comparative study was conducted to assess the results produced by the optimal scenario using both genetic and red deer algorithms (after parameters tuning). The analysis concluded that the Red Deer Algorithm outperforms the Genetic Algorithm with a slight deterioration in the balancing criteria as it is shown in Table 1.

Table1. Comparison Results.

	Genetic Algorithm	Red Deer Algorithm
Objective value	10.52	10.39
Hard Constraints violations	0	0
Demand Covering violations	0.98	0.97
Physicians Balance violations	0.68	0.69
Physicians Preferences violations	40	38

5 Conclusions and perspectives

This study addresses the physicians’ scheduling problem in an emergency department, aiming to balance patient care and physicians working conditions. A mathematical model was developed maximizing patient treatment, minimizing physicians’ performance imbalance, and respecting physicians’ preferences. The genetic and red deer algorithms were employed to evaluate adverse

scenarios and compare results after their parameters tuning to conclude that the red deer algorithm demonstrates slightly superior performance compared to the genetic algorithm. Future work may include the employment of memetic algorithms aiming to improve results.

6 References

- [1] David W Savage, Douglas G Woolford, Bruce Weaver, and David Wood. Developing emergency department physician shift schedules optimized to meet patient demand. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 17(1):3–12, 2015.
- [2] Fanny Camiat, Mar'ia I Restrepo, Jean-Marc Chauny, Nadia Lahrichi, and Louis-Martin Rousseau. Productivity-driven physician scheduling in emergency departments. *Health Systems*, 10(2):104–117, 2021.
- [3] Farzad Zaerpour, Marco Bijvank, Huiyin Ouyang, and Zhankun Sun. Scheduling of physicians with time-varying productivity levels in emergency departments. *Production and Operations Management*, 31(2):645–667, 2022.
- [4] Leif I Solberg, Brent R Asplin, Robin M Weinick, and David J Magid. Emergency department crowding: consensus development of potential measures. *Annals of emergency medicine*, 42(6):824–834, 2003.
- [5] Melanie Erhard, Jan Schoenfelder, Andreas F'ugener, and Jens O Brunner. State of the art in physician scheduling. *European Journal of Operational Research*, 265(1):1–18, 2018.
- [6] Scott Levin, Daniel J France, Robin Hemphill, Ian Jones, Kong Y Chen, Dorsey Rickard, Renee Makowski, and Dominik Aronsky. Tracking workload in the emergency department. *Human factors*, 48(3):526–539, 2006.
- [7] Subhamoy Ganguly, Stephen Lawrence, and Mark Prather. Emergency department staff planning to improve patient care and reduce costs. *Decision Sciences*, 45(1):115–145, 2014.
- [8] Thomas Adams, Michael O'Sullivan, and Cameron Walker. Physician rostering for workload balance. *Operations Research for Health Care*, 20:1–10, 2019.
- [9] Amir Mohammad Fathollahi-Fard, Mostafa Hajiaghahi-Keshteli, and Reza Tavakkoli-Moghaddam. Red Deer Algorithm (RDA): a new nature-inspired meta- heuristic. *Soft computing*, 24:14637–14665, 2020.

Autoimmunity and Deep Learning techniques: (Case study of anti-nuclear antibodies)

Mouna Ben Azaiz¹, Oumar Khlelfa², Aymen Yahyaoui^{2,3}, Anwer Ncibi², Ezzedine Gazouani¹

¹ Immunology Department, The Principal Military Hospital of Instruction of Tunis, Tunisia

² Military Academy of Fondouk Jedid, Nabeul 8012, Tunisia

³ Science and Technology for Defense Lab (STD), Ministry of National Defense, Tunisia

Abstract : Immun- diseases, affect 8% of the world population in 2017 (WHO), is a challenging field due to complexity of this diseases. We used Advanced deep Learning techniques such as Convolutional Neural Networks (CNN) to fulfill our objective to detect anomalies providing health practitioners with efficient tools.

Keywords: Artificial Intelligence, Deep Learning, immunofluorescence, Autoimmunity, anti-nuclear antibodies

1 Introduction

The chronic diseases, especially those related to immune problems are a global health problem [1]. The increase of immune diseases underlines the need to provide a solution for the medical staff to help save time and help for easier immunofluorescence slides interpretation. Indeed, IFI is a person dependent analysis and lack of precision [2]. It could be a source of potential mis-diagnosis due to the complexity of the Indirect immunofluorescence (IIF) images [3].

2 Problem description

Indirect immunofluorescence (IIF) is considered the “gold standard” test for the detection of autoimmune diseases, mainly Hep2 image interpretation. Three international IIF image classification competitions were held in 2012, 2014, and 2016. The detection of the IIF image class is very challenging with the difficulty of analyzing IIF images due to the great detail in this type of image and the need for a double reading of these images, which is not always possible. The solutions provided in the market are very expensive and not adapted to our Tunisian patients.

The objective is to provide a Tunisian computer application, to effectively assist the doctors of the immunology department in diagnosing autoimmune diseases through the analysis of IIF images.

3 Methodology

3.1 Global approach process

The user (who is either the doctor or the technician) must be able to:

– Identify whether the input image provided is positive or negative in the first instance.

– Provide prediction of the exact class of the IIF image if it is positive

The developed application must be able to provide predictions with nearly perfect accuracy of the anomalies present in the patients IIF images.

3.2 Dataset

For Binary classification, the dataset is a mixture of an open-source dataset called AIDA HEp-2 and a set of IIF images taken from the department of immunology of the military hospital of Tunis.

Two models were proposed for the prediction of the IIF image class:

-The first one is dedicated to the binary classification of the image provided as input: an IIF image either positive (presence of antibody) or negative (otherwise).

-For the second model, the proposed pre-trained Nasnet neural network provides accurate results and, due to its AI-based architecture, means the AI search for the model architecture to create a better AI model. With a dense layer at the end of the NASNet model as it provided better results.

4 Results et interpretations

4.1 Training

For the binary classification, a model was trained using two classes: positive and negative.

Then, the performance was evaluated using a range of metrics. Next, the proposed approach was extended to the multi-class model, which was trained on a total of seven different classes and again, evaluates the model's performance using a range of metrics. we began by training a binary classification model with two classes: positive and negative. The positive class represented instances of the existence antibody in the cell. We used a dataset of 2080 samples for training and testing the model and evaluating its performance. A Multi-class model was trained

4.2 Testing Results

The first model achieved an accuracy of **94.48%** on a challenging classification task.

The model was trained using a convolutional neural network architecture with five layers on a dataset of 2080 images. a precision-recall curve, showed that the model's accuracy was consistent across a range of thresholds. The second model achieved an accuracy of **69.61%** on the same classification task as the first model. The second model was trained using a more complex neural network architecture with additional layers and a larger number of parameters. A similar dataset of 2668 images were used for training and testing the second model. The evaluation of the second model's performance showed that it had lower accuracy compared to the first model.

5 Conclusions et perspectives

AI could be interesting tool in the diagnosis of autoimmune diseases mainly by the discrimination between negative and positive results, However, we need more accurate AI fore classifying these images to have precise pattern recognition.

6 References

1. Bagatini Al., 2018. Immune system and chronic diseases 2018. Journal of immunology research, 2018.
2. Van Hoovels Al."Variation in antinuclear antibody detection by automated indirectimmunofluorescence analysis." Annals of the Rheumatic Diseases 78, no. 6 (2019):
3. Cascio Al. "Deep CNN for IIF images classification in autoimmune diagnostics."Applied Sciences 9, no. 8 (2019): 1618.

Coalition Pool to Manage Shared Customers for the Delivery of Pharmaceutical Products

Amina Antit¹, Amel Jaoua², Safa Bhar Layeb³, Chefi Triki⁴

¹LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, Tunisia
amina.antit@gmail.com

²LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, Tunisia
amel.jaoua@enit.utm.tn

³LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, Tunisia
safa.layeb@enit.utm.tn

⁴Kent Business School, Canterbury, United Kingdom
c.triki@kent.ac.uk

Abstract: *This study introduces the concept of a coalition pool mechanism within a horizontal collaboration framework between carriers. The coalition pool enables the management of shared customers, including pharmaceutical laboratories, hospitals and pharmacies. This research highlights the potential of the coalition pool to enhance both the profitability and operational efficiency of carriers.*

Keywords: *coalition pool, shared customers, pharmaceutical products delivery.*

1 Introduction

This study presents a new framework for optimizing deliveries of all types of products, including pharmaceuticals, to private and shared customers, using coalition pooling as a cooperative mechanism. This approach aims to increase carrier profitability and strengthen the competitive edge of logistics operators by meeting the growing expectations of critical customers such as hospitals and pharmacies.

2 Problem description

The present study involves using the coalition pool as a collaborative mechanism for shared customer exchange between different carriers. Private customers must be served exclusively by the contracted carrier; while shared customers agree to be served by any other carrier belonging to the collaborative pool as long as the same level of service is provided. Such customers could include hospitals, pharmacies, either as retailers or wholesalers. Thus, all unprofitable shared customers will be pushed to the pool for outsourcing by the other collaborating carriers, while profitable customers will be selected thereafter. The selection system is designed based on solving a vehicle routing problem aimed at maximizing the carrier's profit in a decentralized context.

3 Methodology

A mixed integer linear programming model is derived to solve the deterministic version of the problem using version 12.9 of the state-of-the-art solver IBM ILOG CPLEX software package.

Then in order to efficiently address the stochastic version of the problem where the travel time follows a bimodal distribution [1], a Simulation-Based Optimization (SBO) model is developed. This approach, also known as black-box optimization consists of coupling a simulation model with an optimization tool in the context of real-world decision making. As shown in the Figure (1) below, the simulator acts as an assessor of the configurations (input parameters) sent by the optimizer. The assessment (responses) is then sent back to the optimizer to decide on the performance of the resulting indicators. The SBO process concludes once the evaluated solution is deemed optimal [3].

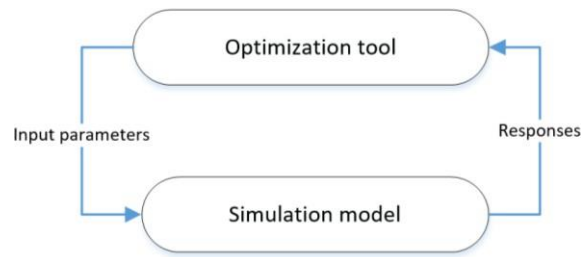


Figure1. SBO approach [3]

The model is implemented on the commercial software Arena which is one of the most deployed software in supply chain management [4]. This integrates a powerful optimization tool to carry out the optimization function, called Optquest (provided by OptTek System Inc). The search algorithm applied by Optquest is based on a combination of three metaheuristics: neural networks, tabu search and dispersion search [2].

4 Results and interpretations

Through comparative analysis, our study underlines the effectiveness of the method in managing shared customers through the coalition pool, illustrating a notable 22.65% increase in profits per delivery round for the delivery company. These results highlight the potential benefits for logistics companies seeking to boost their performance and competitiveness in the global marketplace.

5 Conclusions and perspectives

The results confirm that implementing a pooling mechanism can significantly increase carrier profits. By integrating unprofitable shared customers into the pool, an efficient exchange mechanism managed by the coalition emerges. Furthermore, incorporating an auction system could further streamline the process, offering a more direct and simplified method for customer allocation.

6 References

- [1] Amina Antit, Amal Jaoua, Safa Bhar Layeb and Chefi Triki. A simulation-based optimization model for the vehicle routing problem with bimodal stochastic travel time distribution. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 133-138, 2022.
- [2] Glover Fred, Manuel Laguna, and Rafael Marti. Scatter search and path relinking: Advances and applications. *Handbook of Metaheuristics*, 1–35, 2003.
- [3] Gosavi Abhijit. Simulation-based optimization. Berlin: *Springer*, 2015.
- [4] Oliveira Josenildo Brito, Renato Silva Lima, and José Arnaldo Barra Montevechi. Perspectives and relationships in supply chain simulation: A systematic literature review. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 62, 166–191, 2016.

Conception d'un système de contrôle de blisters non conformes

CHOUCHENE Eya ¹, TRIKI Hamdi ², Sondes Hammami ³

¹ Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage, Tunisie

eya.chouchene.01@gmail.com

² Labo Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage, Tunisie

trikihamdi65@gmail.com

³ Université de Carthage, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage LR11ES20, Laboratoire Analyse, Conception et Commande des Systèmes, Tunis, Tunisia

Sondes.hammami@enicar.ucar.tn

Résumé : Ce projet explore le développement d'un système novateur de contrôle qualité pour les blisters pharmaceutiques, s'appuyant sur la reconnaissance visuelle et l'intelligence artificielle. En combinant un modèle de Deep Learning avec une infrastructure Raspberry Pi, cette étude propose une approche technologique avancée pour la détection en temps réel des défauts sur les blisters.

Mots-clés : Contrôle qualité pharmaceutique, reconnaissance visuelle, Deep Learning, Raspberry Pi.

1 Introduction

L'industrie pharmaceutique est en croissance permanente : le marché mondial du médicament a dépassé le seuil des 1 000 milliards de dollars de chiffres d'affaires, avec une croissance de 6% par rapport à 2016 [1]. Dans le domaine de l'industrie pharmaceutique, l'assurance qualité des médicaments revêt une importance cruciale pour garantir leur efficacité et leur sécurité. L'intégrité des produits pharmaceutiques est souvent mise à l'épreuve par divers défauts de fabrication, notamment les blisters non conformes. Face à ces défis, l'intelligence artificielle (IA) émerge comme un outil prometteur pour renforcer les procédures de contrôle qualité. Ce résumé se concentre sur l'application de l'IA dans la détection des blisters non conformes, présentant une approche innovante pour améliorer la fiabilité et l'efficacité de ce processus critique.

2 Présentation du problème

L'assurance qualité des médicaments est cruciale. Des défauts tels que des alvéoles vides, des pilules endommagées peuvent avoir des effets néfastes sur la vie des humains et nuire à la réputation et à la marge bénéficiaire de l'industrie. Cela nécessite des procédures de contrôle qualité rigoureuses et standardisées.

Notre intérêt porte sur le contrôle de la qualité de l'emballage avec blister, le type de conditionnement le plus couramment utilisé pour les formes solides dans les industries pharmaceutiques. En effet, environ 40% des emballages pharmaceutiques sont des blisters en plastique et en aluminium [2]. Les gélules nécessitent un conditionnement primaire, souvent sous forme de blister, qui est fabriqué en utilisant des rouleaux d'aluminium et de PVC. Les blisters sont conçus pour protéger les médicaments en offrant une barrière étanche contre les micro-organismes, les particules extérieures et les poussières, tout en protégeant les comprimés et gélules de la lumière et de l'abrasion.

Nous distinguons deux types de défauts : le premier est lié aux gélules tels qu'écart de couleur, défauts dimensionnels et le deuxième est lié aux blisters tels que les alvéoles vides. Pour faire face à ces défauts on propose comme solution l'implémentation d'un système intelligent qui détecte les anomalies à travers la reconnaissance visuelle.

3 Méthodologie

La méthodologie de notre recherche comprend quatre phases. Tout d'abord, nous avons procédé à une analyse approfondie du processus de production des blisters, en mettant en lumière le rôle crucial de la thermoformeuse dans la formation, le remplissage et le scellage des blisters. Cette phase nous a permis de comprendre les différentes étapes du processus et les défis potentiels liés au contrôle qualité. Ensuite, nous avons examiné les options disponibles pour garantir une détection précise et rapide des défauts, en mettant l'accent sur l'importance de placer le système de contrôle entre le poste de remplissage et le poste de scellage.

Concernant le système de contrôle des blisters, nous avons opté pour une approche basée sur le traitement d'image, en utilisant une caméra haute résolution pour capturer des images des blisters en temps réel. Ces images ont été soumises à un processus de traitement d'image en temps réel, où un modèle de deep learning, basé sur la convolution de réseaux de neurones tel que MobileNetV2, a été utilisé pour détecter tout défaut potentiel [3]. Ce modèle a été entraîné sur une dataset comprenant des images de blisters conformes et non conformes, en suivant des étapes de prétraitement telles que le redimensionnement, la normalisation et la data augmentation.

Pour la construction du modèle, nous avons sélectionné MobileNetV2 en raison de son architecture efficace et de sa haute précision [4]. Le modèle a été compilé en utilisant l'algorithme Adam comme optimiseur et la perte binaire croisée comme fonction de coût. Ensuite, le modèle a été entraîné sur les données d'entraînement et de validation pendant 11 epochs. Une fois l'entraînement terminé, le modèle a été sauvegardé au format "h5" pour une utilisation ultérieure sur une carte Raspberry Pi.

En parallèle, nous avons développé un prototype de système de contrôle équipé d'une carte Raspberry Pi pour le traitement d'image en temps réel. Ce système utilise un convoyeur motorisé pour déplacer les blisters devant la caméra, qui capture ensuite des images pour analyse. Les blisters non conformes détectés sont éjectés automatiquement par un servo-moteur. Enfin, grâce à la connexion IoT, les données de performance du système sont collectées en temps réel et affichées sur un dashboard conçu avec NodeRED, offrant ainsi une surveillance continue et une analyse des tendances de production et de qualité.

4 Résultats et interprétations

Après l'assemblage et la simulation du prototype, les tests ont montré une détection précise des défauts sur les blisters et une bonne intégration de l'IoT pour la transmission des données en temps réel. Bien que le modèle ait démontré une précision satisfaisante, des améliorations sont envisageables en augmentant la taille de l'ensemble de données d'entraînement et en explorant d'autres architectures de réseaux neuronaux. Malgré ces résultats encourageants, certaines limites ont été identifiées, notamment en termes de vitesse de traitement et de force nécessaire pour l'éjection des blisters. Pour améliorer ces aspects, l'utilisation d'une carte plus performante comme la carte Jetson est recommandée pour ses capacités de traitement supérieures et son adaptation spécifique aux applications de vision par ordinateur et d'IA.

5 Conclusions et perspectives

En guise de conclusion, cette approche offre une précision élevée pour détecter les défauts des blisters pharmaceutiques. Pour l'avenir, nous envisageons d'améliorer encore la performance du modèle avec des jeux de données plus vastes. L'intégration industrielle nécessitera des ajustements pour répondre aux normes strictes de l'industrie pharmaceutique, mais présente des opportunités pour améliorer la qualité et l'efficacité tout en réduisant les coûts de production.

6 Références

- [1] WEYANT, Camille. Médicaments falsifiés: moyens de lutte et techniques de détection. 2013. Thèse de doctorat..
- [2] BOUCHET-MATHIOU, Astrid. La délistérisation en industrie pharmaceutique. 2022. Thèse de doctorat.
- [3] HEMANTH, D. Jude et ESTRELA, V. Vieira (ed.). Deep learning for image processing applications. IOS Press, 2017.
- [4] GULZAR, Yonis. Fruit Image Classification Model Based on MobileNetV2 with Deep Transfer Learning Technique: Sustainability. 2023.

Data Mining Techniques for Diagnosis, Treatment, and Prevention of Hemorrhagic Fever

Ahmed Shihab Ahmed ¹, Hussein Ali Salah ², Safa Bhar Layeb ³

¹LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar and Department of Basic Sciences, College of Nursing, University of Baghdad, Baghdad, IRAQ

ahmedshihabinfo@conursing.uobaghdad.edu.iq

²Department of Computer Systems, Technical Institute- Suwaira, Middle Technical University, Baghdad, IRAQ

husein_tech@mtu.edu.iq

³LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunis, Tunisia

safa.layeb@enit.utm.tn

Abstract: Hemorrhagic Fever is a prevalent infection typically encountered in tropical and subtropical regions. It is now present across every region in numerous countries. The investigation examines the medical records of individuals with hemorrhagic fever to identify the characteristics that can categorize the seriousness of hemorrhagic fever. Doctors' inquiries are being examined through association rules. Key indicators such as hepatic size, compound hepatic degree, and the amount of Alanine aminotransferase grade are examined. Decision tree and Naïve Bayes algorithms are utilized to categorize the extent of hemorrhages.

Keywords: C4.5 Decision tree Algorithm, Naïve Bayes (NB) algorithm, Clinical Decision Support Systems, Digital healthcare, Hemorrhagic Fever Disease.

1 Introduction

Utilizing systems for clinical decision-making is being suggested as a viable method to enhance medical services' general efficiency and capabilities. Hemorrhagic fever presents a wide range of clinical symptoms, frequently with an unexpected clinical course and result. Although the majority of patients experience mild and self-limited clinical symptoms, a small percentage may develop a severe illness, often marked by leakage of plasma, regardless of hemorrhagic fever. Defining the group transitioning from non-severe to severe sickness is challenging yet crucial since timely treatment could avert the progression to more extreme clinical states. The case categorization determines the therapy and location for therapy for hemorrhagic fever [1]. This is particularly true throughout the periodic hemorrhagic fever epidemics globally, necessitating that medical facilities be adjusted to handle the unexpected increase in demand. As outlined in the preceding sections, the alterations in the demography of hemorrhagic fever result in challenges in applying the current WHO recommendations. Hemorrhagic infections caused by viruses with symptoms were categorized as nonspecific and hemorrhagic fever. Hemorrhagic Fever (HF) was categorized into four severity classes, with grades 1 and 2 referred to as Hemorrhagic Fever shocking syndromes (DSS). Numerous studies have shown challenges with the implementation of this system of categorization [2]. This study utilizes various data mining methods to address the following inquiries: (i) What features can be utilized to classify the Hemorrhagic fever individuals? and (ii) What are the characteristics used to grade the seriousness of Hemorrhagic Fever?

This study's primary contribution involves an effective tool that assists investigators in studying high-risk Hemorrhagic Fever, which is more likely to affect individual patient providers negatively. We have developed an application incorporating a database, alert notifications, and comprehensive guidance on Hemorrhagic Fever specifically tailored for medical professionals. The study suggests strategies for both mitigating and preventing high-risk factors associated with Hemorrhagic Fever. To identify the risk indicators of Hemorrhagic Fever in teenage patients in Baghdad Hospital. The utilization of digital technology in healthcare has been shown to enhance data gathering, dissemination of health knowledge, and communication. Although healthcare applications (apps) are being used more often by patients and healthcare professionals, there is a lack of peer-reviewed studies that assess their usage.

2 Problem description

Specimens were collected from every patient admitted to the medical facility between January and March 2024. The records of medicine sampled included four entries on professional standards: fever, updates, indications of bleeding on their own, and the outcomes of the compression test and circulating blood platelets assessment. The study employed Hemorrhagic Fever for comparison based on four clinical parameters and 1 lab criterion. The software for analyzing information and handling was the WEKA 3.9.5 mining program. Clustering of data is often regarded as the primary unsupervised education challenge. The technique relocates objects within groups until they reach the shortest distance, achieving convergence. The outcome consists of groups that are extremely small and distinctly differentiated [3].

3 Methodology

Data mining, also known as discovering knowledge in datasets (KDD), refers to extracting valuable information from large datasets. Data Mining using several statistical approaches, arithmetic, and neural networks to extract valuable facts and relevant knowledge from several vast databases. Machine learning and data mining utilize a range of metrics to create and assess algorithms. The decision trees C4.5 approach and the Naive Bayes (NB) technique are built and verified of our preliminary datasets. The algorithms' confusion matrices can evaluate their accuracy using evaluation metrics such as Precision, Recall, F-measure, ROC space, True Positive Rate (TPR) and False Positive Rate (FPR). After generating the tangled matrices, calculating accuracy, recollection, and F-measure is straightforward. Let's recall the expressions of these widely-used metrics that reads as follows [4]:

$$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) \quad (1)$$

$$\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}) \quad (2)$$

$$\text{F_measure} = (2 * \text{TP}) / (2 * \text{TP} + \text{FP} + \text{FN}) \quad (3)$$

$$\text{TPR} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) \quad (4)$$

$$\text{FPR} = \text{FP} / (\text{FP} + \text{TN}) \quad (5)$$

4 Results et interpretations

Characteristics in Table 1 were documented at the individual's initial visit. Specific properties, such as hemorrhaging, were processed beforehand. The hemorrhage value was obtained based on spontaneous petechiae, inflammation, gum hemorrhaging, nasal bleeds, and throwing blood or blood in the stool.

Table1. Characteristics acquired on the initial appointment with the patient

Attribute	Type	Meaning
URI	Categorical	High respiration infections
Haemorrhaging	Categorical	Haemorrhaging
JE vaccine	Categorical	Received JE vaccine

Throughout the therapy duration, medical professionals and nurses monitored the signs and symptoms outlined in Tables 2 and 3. Periodic qualities are described based on their maximum, minimum, and average levels [5].

Table2. Quantitative characteristics acquired throughout the therapy interval

Attribute	Meaning
hematocrit_max	Highest haemoglobin Levels proportion
hematocrit_min	lowest haemoglobin Levels proportion
temperature_max	Highest of temperature
temperature_min	lowest of temperature

The method of decision trees is used for choosing characteristics. It identifies leaking plasma, surprise happenings, platelet hemorrhaging counts, ALT straight, white blood cell count, and lymph node disease as possible characteristics for categorizing patients with dengue. Following selection features, the Naïve Bayes method is applied to evaluate the classification achievements as presented in Table 3. The research evidence demonstrates that the Naïve Bayes method achieves higher accuracy, at 98.88%, than the Decision Tree approach.

Table 3. Prediction accuracy table

Model	Accuracy	Recall	Precision	F_measure	Computational Time
Naïve Bayes algorithm	98.88	0.6793	0.5134	0.5638	19 S
Decision tree C4.5 algorithm	97.873	0.8847	0.8900	0.8919	37 S

5 Conclusions et perspectives

The hemorrhagic CDSS employs a decision tree C4.5 techniques to facilitate a typical decision-making process by providing essential steps. In data mining, a decision tree is utilized to visually and unambiguously represent choices and the processes for making them. The decision tree presents facts, while the classification tree afterward can assist in decision-making. Hemorrhagic CDSS aids physicians in making decisions and enhances the security of patients. It enhances the quality of healthcare provided. Users are classified using the Decision Tree C4.5 Interpretation System (DTCIS). The proposed application was designed to analyze data from four people to determine appropriate treatments for each condition and provide recommendations for preventing variables contributing to hemorrhagic fever diseases.

6 References

- [1] Tabassum Khan, Nida. "Dengue Haemorrhagic Fever (Dhf)." *Archives of Medical Case Reports and Case Study*, vol. 6, no. 1, Auctores Publishing LLC, June 2022, pp. 01–03.
- [2] Turiac, Andreea S., and Małgorzata Zdrodowska. "Data Mining Approach in Diagnosis and Treatment of Chronic Kidney Disease." *Acta Mechanica Et Automatica*, vol. 16, no. 3, Walter de Gruyter GmbH, May 2022, pp. 180–88.
- [3] Jarupunphol, Pita, and Wipawan Buathong. "Dengue Fever Prediction Modelling Using Data Mining Techniques." *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, vol. 1, no. 1, Inderscience Publishers, 2022, pp. 1.
- [4] Admass, Wasyihun Sema. "Developing Knowledge-based System for the Diagnosis and Treatment of Mango Pests Using Data Mining Techniques." *International Journal of Information Technology*, vol. 14, no. 3, Springer Science and Business Media LLC, Mar. 2022, pp. 1495–504.
- [5] Admass, Wasyihun Sema, and Yirga Yayeh Munaye. "Integrating Case-based and Rule-based Reasoning for Diagnosis and Treatment of Mango Disease Using Data Mining Techniques." *International Journal of Information Technology*, Springer Science and Business Media LLC, Nov. 2023.

Decision support for the delivery of consumables to home dialysis patients

Haifa Noura^{1,2} Sondes Hammami³ Adnen El-Amraoui² Gilles Goncalves² Hanen Bouchriha¹
haifanoura80@g [sondes.hammami@en](mailto:sondes.hammami@enicar.ucar.tn) adnen.elamraoui@u [gilles.goncalves@](mailto:gilles.goncalves@univ-artois.fr) hanen.bouchriha@enit.
mail.com [icar.ucar.tn](mailto:sondes.hammami@enicar.ucar.tn) niv-artois.fr [univ-artois.fr](mailto:gilles.goncalves@univ-artois.fr) utm.tn

¹Université de Tunis El Manar-Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis
LR11ES20, Laboratoire Analyse, Conception et Commande des Systèmes, Tunis, Tunisia

²Univ. Artois, UR 3926
Laboratoire de Génie Informatique et d'Automatique de l'Artois (LGI2A), F-62400, Béthune, France

³Université de Carthage -Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage
LR11ES20, Laboratoire Analyse, Conception et Commande des Systèmes, Tunis, Tunisia

Abstract: *Home Hemodialysis offers social, economic, and medical advantages. This paper presents an operational study on the periodic delivery of supplies to home Hemodialysis patients. The aim is to propose a decision support that identify both delivery frequencies for supplies and delivery routes to reduce delivery costs while respecting the patients' limited storage constraint.*

Keywords: *Home healthcare, optimization, Periodic VRP, Variable Neighborhood Search, flexible visit frequencies.*

1 Introduction

Home dialysis, including peritoneal dialysis and home hemodialysis (HHD), offers patients more flexibility and a better quality of life compared to hospital hemodialysis, which has rigid treatment schedules [1]. Despite its social, medical, and economic benefits, the adoption rate of HHD remains remarkably low. The limited storage capacity in patients' homes poses a significant barrier to adopting Home Hemodialysis (HHD). Existing literature primarily focuses on routing and scheduling optimization without considering patient capacity constraints [2,3,4]. This study focus on patient storage capacity, visit frequency, and cost minimization sets it apart from traditional approaches in home healthcare routing.

2 Problem description

In this paper, we address the periodic planning delivery consumables to home hemodialysis patients considering their storage capacity. Most associations caring for home dialysis patients delivers consumables biweekly or weekly without, often overlooking the limited storage capacity of their patients. As a result, some patients are unable to store the consumables and will be forced to undergo hemodialysis in centers. This is the case for the AURA association, which delivers weekly consumables to 350 patients in the Île-de-France region.

For weekly deliveries, 19 boxes of 2-pocket bags (each containing 5 liters) and 5 boxes of blood and water circuits are required. Limited space for storing dialysis supplies poses a significant barrier for many patients considering home dialysis, especially as larger housing options tend to be costlier, resulting in higher storage expenses for HHC companies providing rental assistance to patients. Considering these challenges, it becomes evident that healthcare systems need to offer flexible services that align with patients' needs to encourage home dialysis adoption.

3 Methodology

The problem is approached as a periodic vehicle routing problem, where the service frequency is treated as a decision variable. A solution algorithm based on General Variable Neighborhood Search (GVNS) is introduced. This approach consists of two main phases: initially constructing a solution, followed by iterative enhancements to refine and improve upon this solution.

4 Results et interpretations

We showcased the advantages of our proposed approach over a single-frequency delivery strategy, which is once a week. Unlike the HHC association's low-frequency delivery policy without considering patients' storage capacity, our method tailors visit frequencies based on storage capability while minimizing costs. This approach enables servicing patients with limited storage space, overcoming barriers that prevent their enrollment in home hemodialysis, a significant loss for the association given the membership fee of approximately 250 euros per patient. Our results demonstrate the feasibility of delivering to patients at frequencies respecting their storage capacity. In the table below, we discuss a case involving 300 patients with mixed capacities. In this case, 40% of patients have a minimum frequency (f_{min_p}) of 6, 20% with $f_{min_p}=3$, and another 20% with $f_{min_p}=2$. The remaining 20% are patients with larger storage capacities, more likely to be serviced under current conditions. The proposed approach, considering storage constraints, enables servicing all 300 patients at frequencies higher than their minimum requirements.

Table1. Contribution of the proposed approach.

Data	Strategy : once a week		Strategy: proposed approach	
	Patients delivered	Visit frequency/ week	Patients delivered	Visit frequency/ week
300 patients	60	once a week	3	once a week
	-		72	2 times
	-		90	3 times
			135	6 times
Total	60		300	

5 Conclusions et perspectives

This study introduces decision support for delivering consumables to home dialysis patients with limited storage, treating the problem as a Periodic Vehicle Routing Problem (PVRP) considering capacity storage constraints. A General Variable Neighborhood Search (GVNS) method is developed for scheduling deliveries that meet patients' demands without exceeding their storage limits, aiming to optimize visit frequencies while minimizing routing and storage costs. Application and simulations on real-world scenarios demonstrate the method's efficacy in balancing delivery frequencies and costs, suggesting future enhancements could include patients' preferences for visit days to offer even more flexibility. A penalty-based approach will be used to find a solution that serves all patients effectively.

6 References

- [1] Walker, R., Howard, K., Morton, R., 2017. Home hemodialysis: a comprehensive review of patient-centered and economic considerations. CEOR Volume 9, 149–161.

- [2] Grieco, L., Utley, M., Crowe, S., 2021. Operational research applied to decisions in home health care: A systematic literature review. *Journal of the Operational Research Society* 72, 1960–1991.
- [3] Cissé, M., Yalçındağ, S., Kergosien, Y., Şahin, E., Lenté, C., Matta, A., 2017. OR problems related to Home Health Care: A review of relevant routing and scheduling problems. *Operations Research for Health Care* 13–14, 1–22.
- [4] Di Mascolo, M., Martinez, C., Espinouse, M.-L., 2021. Routing and scheduling in Home Health Care: A literature survey and bibliometric analysis. *Computers & Industrial Engineering* 158, 107255.

Délais de validation des bilans d'urgence dans un laboratoire de Biologie Médicale hospitalier : Impact d'un changement organisationnel

Mohamed Yassine KAABAR¹, Ikbel GHACHEM¹, Asma BACHALI¹ ¹Medical analysis

laboratory of the Mohamed Taher Maamouri hospital, Nabeul, Tunisia

kyassine679@rns.tn

Résumé : *Les laboratoires de biologie médicale hospitaliers sont amenés à traiter des examens en urgence, pour lesquels les délais de rendu de résultats doivent être les plus courts possible. Afin d'optimiser le temps du technicien d'urgence, le laboratoire a réorganisé son activité et supprimé l'édition des comptes-rendus, tout en équipant le service des urgences de postes informatiques afin de visualiser les résultats. Le gain de temps de rendu de résultat est décrit dans ce travail.*

Mots-clés : *Performance, Laboratoire d'analyse, Service des Urgences.*

1 Introduction

Dans le cadre de l'amélioration continue de la qualité, l'informatisation des laboratoires a permis un gain de temps dans la transmission des résultats de bilans au clinicien [1]. Il reste cependant des maillons non informatisés générant des nœuds pouvant ralentir une activité particulière [2]. Ceci est d'autant plus impactant lorsqu'il s'agit du secteur du laboratoire d'urgence, qui réalise les examens au profit du service des urgences.

2 Présentation du problème

Dans notre laboratoire, une paillasse est consacrée aux bilans d'urgence. Jusque récemment, les techniciens avaient également pour mission d'éditer les comptes-rendus, ce qui générait un contact avec les patients important mais aussi chronophage. Par conséquent, il a été décidé que l'édition des bilans se ferait dans le service d'urgence.

Notre objectif était d'évaluer les conséquences de ce changement d'organisation dans le délai de validation des résultats des bilans demandés aux urgences.

3 Méthodologie

Il s'agit d'une étude comparative incluant 120 prélèvements faits sur deux périodes distinctes : une allant du 01/11/2021 au 10/11/2021 durant laquelle les résultats des bilans étaient imprimés sur papier et remis aux patients et une deuxième période allant du 03/01/2022 au 13/01/2022 durant laquelle les résultats des bilans étaient directement validés sur le serveur de résultats et accessibles aux médecins prescripteurs des urgences. Ont ainsi été comparés 20 prélèvements du matin, 20 autres de l'après-midi et 20 de la nuit, pour chacune des 2 périodes évaluées.

4 Résultats et interprétations

Durant les matinées 8h-13h, le gain moyen de temps était de 14.9% (38.8 min contre 33 min). Durant les après-midis 13h-19h : le gain moyen de temps était de 18.8% (40.5 min contre 32.9 min). Durant les nuits 19h-8h, le gain moyen de temps était de 22.3% (44.1 min contre 34.3 min). Au total, le gain moyen estimé était de 18.8%, soit 41.1min contre 33.4 min.

5 Conclusions et perspectives

Les examens d'urgence doivent attirer une attention particulière des biologistes. Il peut être nécessaire de repenser l'organisation de la prise en charge de ces bilans de façon à optimiser le travail des techniciens et limiter toutes les tâches annexes non indispensables. L'informatisation peut être d'une grande aide à cet effet.

6 References

- [1] Alharbi, M. S. S., Alharbi, A. A. F., Alotaibi, R. J., Alyami, M. S. A., Kindasa, T. M. A., Maglia, A. I. A., ... & Al-Masabi, M. A. A. (2023). Exploring The Role Of Medical Laboratories In Modern Healthcare: A Comprehensive Overview. *Journal of Namibian Studies: History Politics Culture*, 36, 1893-1904.
- [2] Chletsos, M., Saiti, A., Chletsos, M., & Saiti, A. (2019). Strategic Planning in the Health-Care Sector. *Strategic Management and Economics in Health Care*, 69-88.

Designing IT Solutions for Addressing the Unique Support Requirements of Autistic Children

Eya HADHRI¹, Sana LAYEB², Safa ELKEFI³, Safa Bhar LAYEB⁴

¹Tunis Business School, University of Tunis, Tunisia

Hadhrieya9@gmail.com

²LaRPAA-ERA, Ecole Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, University of Carthage, Tunisia

sana.layeb@isteub.ucar.com

³Nursing School Columbia University, New York, USA, Tunisia

se2649@cumc.columbia.edu

⁴LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia

safa.layeb@enit.utm.tn

Abstract : *This study explores leveraging mobile technology, including Artificial Intelligence and Augmented Reality, to enhance danger recognition in autistic children. Considering their heightened sensitivity to environmental factors and increasing prevalence, individuals with autism require tailored solutions for their well-being and safety. Thus, integrating advanced technological tools becomes crucial to address their specific needs effectively.*

Keywords : *Autism, danger recognition, mobile applications, artificial intelligence, augmented reality.*

1 Introduction

Children with autism may have difficulty recognizing and responding to dangers in their environment, which can compromise their safety and well-being [1]. In this context, mobile technology, including Artificial Intelligence (AI) and deep learning, offer significant potential to create innovative tools targeted at enhancing danger recognition in children with autism. This study introduces the development of a mobile application meticulously crafted to meet this pressing need.

2 Problem description

Children with autism often face challenges in identifying and responding to dangerous situations such as crossing a street, or handling potentially harmful objects. These obstacles increase the risk of accidents and incidents, posing threats to their well-being.

Traditional approaches may not meet their unique needs. Recent studies (e.g. [2]-[8]) have explored various technological interventions, such as mobile applications and smartwatches, to address these challenges, thus requiring the development of personalized and accessible solutions.

3 Methodology

The aim of this work is to design a mobile application which, in its current form, encompasses multiple phases, including participatory design, software development, user testing, and effectiveness evaluation, all tailored specifically for autistic children. Participatory design involves intensive collaboration with autism experts, healthcare professionals, and parents of autistic children to precisely define the application's requirements and functionalities, ensuring they meet exclusively to the needs of autistic users. Software development strictly adheres to user-centered design principles, with a primary emphasis on enhancing accessibility and fostering engagement for autistic children. User testing is systematically conducted to measure the application's usability, user-friendliness, and effectiveness within the autistic user demographic.

4 Results and interpretations

The results of this study include the description of the developed application, its key features, and the results of user testing. The collected data provide insights into the application's acceptability among autistic children, their ability to recognize dangers after using the application, and suggestions for improvement. The results also indicate positive trends regarding the application's impact on danger awareness and the safety of autistic children. The results support that the development of technological tools tailored to the needs of autistic children is crucial for enhancing their safety and autonomy.

5 Conclusion and future research directions

In conclusion, this study underscores the importance of developing such tools. The presented mobile application represents a promising initial step in this direction, but further efforts are required to optimize its effectiveness and long-term impact. Future prospects include expanding the application to incorporate more features, deploying it in real-world settings, and conducting large-scale validation among the target population.

6 Références

- [1] Zaniboni, L., Marzi, A., Caniato, M., & Gasparella, A. (2021, November). Comfortable and safe environments for people with autism: Preliminary analysis of risks and definition of priorities in the design phase. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2069, No. 1, p. 012177). IOP Publishing.
- [2] Ahmad, A., Li, K., Feng, C., Asim, S. M., Yousif, A., & Ge, S. (2018). An empirical study of investigating mobile applications development challenges. *IEEE Access*, 6, 17711-17728.
- [3] Papoutsis, C., Drigas, A., & Skianis, C. (2018). Mobile Applications to Improve Emotional Intelligence in Autism-A Review. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 12(6).
- [4] Torrado, J. C., Gomez, J., & Montoro, G. (2017). Emotional self-regulation of individuals with autism spectrum disorders: smartwatches for monitoring and interaction. *Sensors*, 17(6), 1359.
- [5] Penev, Y., Dunlap, K., Husic, A., Hou, C., Washington, P., Leblanc, E., & Wall, D. P. (2021). A mobile game platform for improving social communication in children with autism: a feasibility study. *Applied clinical informatics*, 12(05), 1030-1040.
- [6] Hoerberichts, K., Roke, Y., Niks, I., & van Harten, P. N. (2023). Use of a mHealth mobile application to reduce stress in adults with autism: a pre-post pilot study of the Stress autism Mate (SAM). *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, 7(2), 268-276.
- [7] Shen, X., & Barakova, E. I. (2017). My Drama: Story-Based Game for Understanding Emotions in Context. In R. Poppe et al. (Eds.), *INTETAIN 2016 (LNICST Vol. 178, pp. 220–230)*. Springer.
- [8] Kojovic, N., & Schaer, M. (2023). Comment les nouvelles technologies peuvent-elles faciliter le dépistage de l'autisme ? *Revue Suisse de Pédagogie Spécialisée*, 13(1).

Efficient Scheduling in Operating Rooms: A Tunisian Hospital Case Study

Mariam Belhora, Adnen El-Amraouib

^a IMT Nord Europe, Institut Mines-Telecom, Centre for Digital Systems, F-59653, Villeneuve d'Ascq, France

^b Univ. Artois, UR 3926 Laboratoire de Génie Informatique et d'Automatique de l'Artois, (LGI2A), F-62400, Béthune, France

Abstract: *In this paper, we propose a new optimization model to deal with Operating Room (OR) scheduling challenges, solved with CPLEX through real data from a Tunisian hospital. The proposed method demonstrates substantial improvements over the manual scheduling.*

Keywords: *Operating Room Scheduling, Optimization Model, CPLEX, Pediatric Surgery Case Study, Healthcare Management*

1 Introduction

Resource management in healthcare facilities, particularly in Tunisia, has emerged as a significant issue following the start of the COVID-19 pandemic. This health emergency has highlighted the limitations of hospital infrastructures, especially in terms of intensive care capacity. With an insufficient number of beds and over a million COVID-19 cases, Tunisian hospitals have faced increased challenges in managing material and human resources, as well as significant financial constraints [1]. In this context, OR Scheduling becomes vitally important as it is a key element of resource management and hospital logistics. In this paper, we propose a new optimization model designed to improve the management of ORs in the Pediatric Surgery Department. This model is tested through real data, using CPLEX solver. The goal is to demonstrate how optimized management of ORs can contribute to better resource allocation, to cost reduction and to overall improvement in hospital efficiency.

2 Problem Description

In the surgical scheduling scenario, each patient (indexed as $i = 1$ to P) is defined by several crucial parameters: their surgery duration (D_i), anesthesia time (a_i), and wakeup time (w_i). The surgeries must adhere to specified earliest start time (e_i) and a latest finish time (l_i), with necessary setup work (T_{ij}) required between procedures. Notably, both anesthesia and patient awakening occur within the OR. The scheduling process involves a set of R ORs, available from 08:00 am to 02:00 pm. Each Surgery must be assigned to one and only one OR. Each surgeon can participate in no more than one surgery at a time and each surgery is without interruption.

3 Mathematical Formulation

The objective function aims to minimize the the cumulative difference between the actual completion time of surgeries C_r , in each OR and the scheduled end time C_{end} . X_{ir} is a binary decision variable that verify if patient i is assigned to the OR r , Y_{ijr} is a second binary variable that is equal to 1 if patients i and j are successively assigned to the same OR r , G_{ij} is also a binary variable that verify if patients i and j are assigned to the same Surgeon and S_i is the start of patient's surgery.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{r \in R} (C_r - C_{end}) \quad (1)$$

$$\sum_{r \in R} X_{ir} = 1 \quad \forall i \in P \quad (2)$$

$$\sum_{i \in P} (D_i + a_i + w_i) \cdot X_{ir} + T_{ij} \cdot Y_{ijr} \leq C_r \quad \forall r \in R \quad (3)$$

$$S_j \geq S_i + D_i + a_i + w_i + T_{ij} - M \cdot (1 - Y_{ijr}) \quad \forall i, j \in P, i \neq j, r \in R \quad (4)$$

$$Y_{ijr} + Y_{jir} \leq 1 \quad \forall i \neq j, r \in R \quad (5)$$

$$C_r \geq S_i + D_i + a_i + w_i \cdot X_{ir}, \quad \forall i \in P, \forall r \in R \quad (6)$$

$$S_j \geq S_i + (D_i + a_i + w_i) \cdot G_{ij}, \quad \forall i \in P, \forall r \in R \quad (7)$$

$$e_i \leq S_i \leq l_i \quad \forall i \in P \quad (8)$$

$$S_i, D_i, a_i, w_i \geq 0 \quad \forall i \in P \quad (9)$$

Constraint (2) ensures that each patient is assigned to exactly one OR. Constraint (3) guarantees that the total operating time in each OR does not exceed its scheduled completion time. Sequential surgery scheduling is managed by Constraint (4). Overlapping surgeries in the same OR are prevented with Constraint (5). The completion time of the last surgery in each OR is computed by Constraint (6). Constraint (7) ensures for each pair of surgeries belonging to the same surgeon. The surgery must start at or after its earliest start time and finish before its latest finish time, as outlined in Constraint (8). Finally, Constraint (9) ensures that all surgery start times and durations to be non-negative).

4 Results and interpretations

The proposed model is solved by IBM ILOG CPLEX. In this paper, we limit our results to a small example of a workday to compare between manual scheduling and the proposed one. To clearly highlight the differences, we provide a Schedule Comparison in Figure 1 that visually displays both the existing and the new schedules side by side.

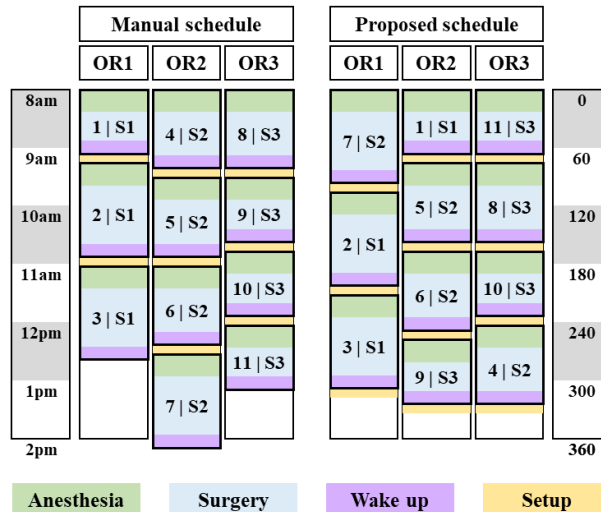


Figure 1: Comparison of Manual and Proposed OR Scheduling Efficiency

The comparative schedule for a typical Monday demonstrates that the proposed method enhances OR utilization compared to the manual method, as well as the gaps and risks of overruns evident in the manual schedule by offering a more uniform distribution of surgeries.

5 Conclusion and perspectives

This paper presents a new optimization model for OR scheduling problem that has outperformed the manual scheduling. In future research, it would be valuable to consider additional constraints, such as patient priorities based on factors like age and urgency, as well as adopting robust techniques for uncertainty management, similar to those discussed in [2],[3].

6 References

- [1] M. Ghardallou, M. Wirtz, S. Folorunso, Z. Touati, E. Ogundepo, K. Smits, A. Mtiraoui,
- [2] M. van Reisen, Expanding non-patient covid-19 data: Towards the fairification of migrants' data in tunisia, libya and niger, *Data Intelligence* 4 (4) (2022) 955–970.
- [3] A. El-Amraoui, S. Harbi, A. N. S. Moh, Home health care scheduling problem under uncertainty: Robust optimization approaches, *Computing and Informatics* 41 (1) (2022) 288–308.
- [4] M. Belhor, A. El-Amraoui, F. Delmotte, A. Jemai, Fuzzy multi-objective evolutionary approach for home healthcare optimization problem under uncertainty, in: *2023 IEEE International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC ASET)*, IEEE, 2023, pp. 1–6. _

Étude des Critères de Sélection des Fournisseurs de l'industrie pharmaceutique dans le Contexte Post-COVID-19

Tlili Salma¹, Bouajaja Sana¹, Belghith Mariem²

¹ OASIS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar, Tunisie

tlili.salma2019@gmail.com, sana.bouajaja@enit.utm.tn

² MODILS, Faculté des Sciences Economique et de Gestion de Sfax, Université de Sfax, Tunisie
maryembelghithenit@gmail.com

Résumé : L'objectif de cette étude est de présenter une revue de la littérature sur l'optimisation de la sélection des fournisseurs dans l'industrie pharmaceutique, en mettant en évidence l'importance de cette problématique pour le système de santé.

Mots-clés : Industrie pharmaceutique, Sélection des fournisseurs, COVID-19, chaîne d'approvisionnement

1 Introduction

L'optimisation de la sélection des fournisseurs dans l'industrie pharmaceutique a un impact significatif sur le système de santé, en termes de qualité, de coût et de disponibilité des soins, pour satisfaire le patient. En effet, suite à la pandémie du Covid-19, les sociétés pharmaceutiques sont devenues plus conscientes de l'importance de choisir des fournisseurs fiables, résilients et innovants, afin de garantir la robustesse et l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement. Ce travail vise à mettre l'accent sur les critères considérés dans la littérature pour la sélection des fournisseurs des laboratoires pharmaceutiques, dans le contexte post-Covid-19.

2 Méthodologie

Nous considérons dans cette étude une dizaine de références, soient des articles publiés dans des journaux et des communications présentées dans des conférences internationales, portant sur le problème étudié et publiées entre l'année 2020 et 2024 (période post-pandémie). Nous nous intéressons à examiner les changements dans le comportement des entreprises pharmaceutiques, dans la sélection et l'évaluation de leurs fournisseurs suite aux leçons apprises après le COVID-19.

3 Résultats et interprétations

Nous présentons dans le Tableau 1, l'ensemble des critères considérés dans la littérature.

Tableau1. Critères de sélection des fournisseurs dans le contexte pharmaceutique

Critères	Description	Références
Coût	Le coût total des produits ou services fournis.	[1-3, 5, 6, 8, 9, 12]
Qualité	La qualité du service, incluant les normes et les défauts.	[1-3, 6-12]
livraison	Le délai de livraison et la fiabilité du fournisseur.	[3, 6, 7, 9-11]
Flexibilité	La capacité à s'adapter à la demande et aux exigences changeantes.	[2, 5, 6, 9, 10]
Critères environnementaux	Évaluation des politiques et des pratiques en matière de durabilité environnementale	[3, 4, 8, 11, 12]
Innovation	L'engagement envers l'innovation et l'adoption de la technologie.	[1, 4, 5, 8]
Sociale	Les pratiques de responsabilité sociale des entreprises.	[1, 6, 9, 12]
Capacité technique	Évaluation de la capacité du fournisseur à démontrer une expertise technique dans la fourniture de produits ou de services.	[1, 4, 9]

La répartition des différents critères adoptés dans la sélection des fournisseurs est illustrée par la Figure 1, mettant en évidence une importance relativement élevée accordée à la qualité, au coût et à la livraison, tandis que des facteurs tels que la flexibilité, représentant 11% des préoccupations selon le graphique, dépassant ainsi d'autres critères traditionnels. Cette évolution reflète une adaptation des entreprises aux défis changeants, mettant en lumière l'importance accrue de cette dimension dans un environnement économique dynamique.

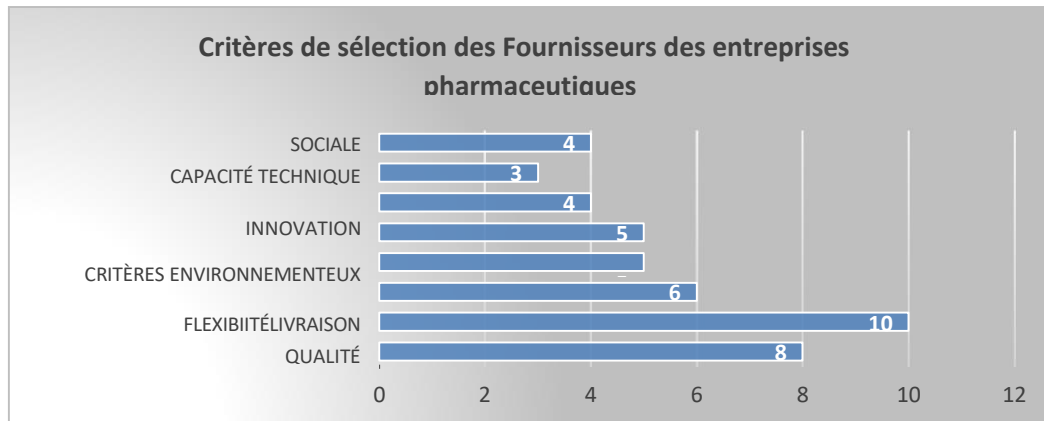


Figure 1. La répartition des critères de sélection

4 Conclusions et perspectives

Nous concluons que notre étude souligne l'importance cruciale de l'adaptabilité aux nouvelles réglementations et de la résilience des fournisseurs dans l'industrie pharmaceutique, face aux perturbations et aux crises sanitaires, pour réagir rapidement et réduire les risques d'interrompre l'approvisionnement. Cette étude n'est pas exhaustive, dans la mesure où le nombre des références considérées est limitée. Toutefois, elle peut être élargie pour assurer une analyse plus approfondie.

5 Références

- [1] Abdillah, Y., & Hasibuan, S. (2021, March). Supplier selection decision making in the pharmaceutical industry based on Kraljic portfolio and MAUT method: A Case Study in Indonesia. In Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Singapore.
- [2] Abdulla, A., Baryannis, G., & Badi, I. (2023). An integrated machine learning and MARCOS method for supplier evaluation and selection. *Decision Analytics Journal*, 9, 100342.
- [3] Boz, E., Çizmecioglu, S., & Çalik, A. (2022). A Novel MDCM Approach for Sustainable Supplier Selection in Healthcare System in the Era of Logistics 4.0. *Sustainability*, 14(21), 13839.
- [4] Ishizaka, A., Khan, S. A., Kheybari, S., & Zaman, S. I. (2023). Supplier selection in closed loop pharma supply chain: a novel BWM-GAIA framework. *Annals of Operations Research*, 324(1-2), 13-36.
- [5] Kayani, S. A., Warsi, S. S., & Liaqat, R. A. (2023). A Smart Decision Support Framework for Sustainable and Resilient Supplier Selection and Order Allocation in the Pharmaceutical Industry. *Sustainability*, 15(7), 5962.
- [6] Manik, M. H. (2023). Addressing the supplier selection problem by using the analytical hierarchy process. *Heliyon*, 9(7).
- [7] Raja, M. W., Mahesar, A. J., Chanar, P. H., & Shaikh, S. (2024). Examining the impact of supplier selection on procurement performance of pharmaceutical firms in Pakistan. *Remittances Review*, 9(1).
- [8] Rostami, O., Tavakoli, M., Tajally, A., & Ghanavati-Nejad, M. (2023). A goal programming-based fuzzy best-worst method for the viable supplier selection problem: a case study. *Soft Computing*, 27(6), 2827-2852.
- [9] Sabbaghi, M. M., & Allahyari, A. (2020). A supplier selection model emphasizing the project risk management in drug production in pharmaceutical industry. *Tehnički glasnik*, 14(2), 111-120.
- [10] Sazvar, Z., Tavakoli, M., Ghanavati-Nejad, M., & Nayeri, S. (2022). Sustainable-resilient supplier evaluation for high-consumption drugs during COVID-19 pandemic using a data-driven decision-making approach. *Scientia Iranica*.
- [11] Sheykhzadeh, M., Ghasemi, R., Vandchali, H. R., Sepehri, A., & Torabi, S. A. (2024). A hybrid decision-making framework for a supplier selection problem based on lean, agile, resilience, and green criteria: a case study of a pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 1-28.

- [12] Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COMpromise solution (MARCOS). *Computers & industrial engineering*, 140, 10623

Etude de la Littérature du Problème de Dimensionnement d'Entrepôts Pharmaceutiques

Ben Hamed Nesrine¹, Bouajaja Sana¹, Belghith Mariem²

¹ OASIS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar, Tunisie
nesrinebenhamad568@gmail.com; sana.bouajaja@enit.utm.tn

² MODILS, Faculté des Sciences Economique et de Gestion de Sfax, Université de Sfax, Tunisie
maryembelghithenit@gmail.com

Résumé : Ce travail présente une étude de la littérature du problème de dimensionnement d'entrepôt pharmaceutique. Nous focalisons notre étude essentiellement sur les méthodes utilisées pour la résolution de ce problème.

Mots-clés : Entrepôt pharmaceutique, Dimensionnement, Gestion de stock

1. Introduction

Les médicaments sont très incontournables pour la santé de l'être Humain c'est pourquoi les entreprises pharmaceutiques doivent être capables de s'adapter rapidement aux fluctuations de la demande et aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement, pour répondre à la demande des patients dans les délais, ne pas interrompre leurs traitements et impacter l'efficacité du système de santé. La pandémie de covid-19 est le meilleur exemple de perturbation ayant un impact significatif sur les capacités de stockage des entrepôts pharmaceutiques qui en cas de surdimensionnement, souffrent de gaspillage d'espace et de coûts inutiles, ou connaissent des retards de livraison des médicaments et des ruptures de stocks en cas de sous-dimensionnement. Ainsi, pour garantir la disponibilité des médicaments, en réduisant les coûts, il devient crucial pour tout laboratoire pharmaceutique d'optimiser le dimensionnement de son entrepôt. Dans la littérature, plusieurs travaux ont mis l'accent sur ce problème. Dans ce travail, nous présentons un état de l'art où nous focalisons notre attention sur les méthodes utilisées pour la résolution du problème étudiée.

2. Méthodologie

Dans notre étude, nous nous basons sur une trentaine d'article, afin de définir les méthodes utilisées dans la résolution du problème de dimensionnement des entrepôts, comme le présente le Tableau 1. Vu que la littérature n'est pas abondante dans le contexte pharmaceutique, nous avons également considéré les études de cas issues d'autres industries pour identifier les meilleures pratiques à adapter à notre cas.

Tableau1. Récapitulatif de l'étude de l'existant

Méthodes	Objectif	Références
Nouvelles technologies	Identifier et suivre les objets à l'aide de signaux radio (RFID, code QR, lecteur de code à barre, WMS, robot ...)	[7, 8, 10, 12, 17, 18]
Méthodes Mathématiques	Améliorer l'efficacité opérationnelle de l'entrepôt et optimiser l'espace	[3-5, 9, 11, 20, 21]
Méthodes heuristiques	Trouver rapidement des solutions satisfaisantes	[9, 15, 20]
Simulation	Modéliser virtuellement l'agencement de l'entrepôt et le flux de marchandises	[6, 12, 13]
Outils Lean	Elimination des gaspillages (VSM, Kanban, 5S,...)	[14, 17, 19]
Conception 3D	Visualiser de façon plus réaliste l'entrepôt pour identifier les zones de stockage et les zones de congestion	[23, 24,...,32, 33]
MCDM (Multi-Criteria Decision Making)	Optimiser de manière proactive l'espace disponible, réduire les coûts et améliorer l'efficacité globale de l'entrepôt.	[9,15, 20]

Méthode de classification	Modéliser les charges par activité pour mieux les gérer	[10, 14]
---------------------------	---	----------

3. Résultats et interprétations

En observant la Figure 1, nous constatons que la conception 3D est la plus utilisée par rapport aux autres approches de résolution du problème de dimensionnement des entrepôts (33.33% > 21.21% > ... > 6.06%). En effet, la technologie 3D offre aujourd’hui de nombreux avantages, à savoir une visualisation réaliste de l’entrepôt permettant une meilleure optimisation de l’espace de stockage, et la simulation du flux de travail afin d’identifier les goulots d’étranglement.

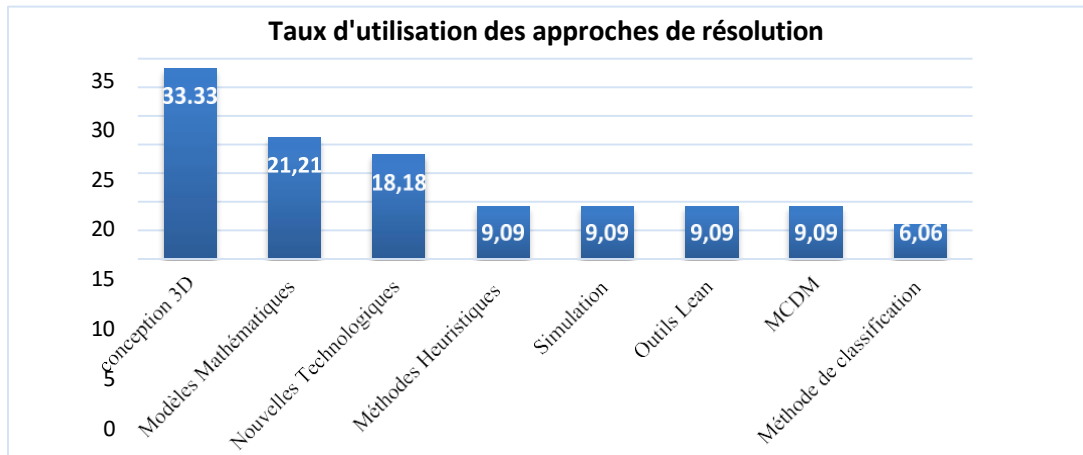


Figure1. Taux d’utilisation des méthodes de résolution

4. Conclusions et perspectives

Cette étude n’est pas exhaustive. En effet, les références examinées ne considèrent pas les exigences particulières des entrepôts pharmaceutiques en termes de sécurité, de réglementation, ce qui nécessite des approches de dimensionnement spécifiques à ce contexte.

5. Références

[1] Baker, P., & Canessa, M. (2009). Warehouse design: A structured approach. *European journal of operational research*, 193(2), 425-436.

[2] Malinowski, E., & Zimányi, E. (2006, January). A conceptual solution for representing time in data warehouse dimensions. In *Proceedings of the 3rd Asia-Pacific conference on Conceptual Modelling-Volume 53* (pp. 45-54).

[3] Ghezzi, L. (2017). Stochastic Optimal Sizing of a Warehouse. *Math for the digital factory*, 61-92.

[4] Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European journal of operational research*, 203(3), 539-549.

[5] Karakis, I., Baskak, M., & Tanyaş, M. (2015). Analytical model for optimum warehouse dimensions. *Research in Logistics & Production*, 5(3), 255-269.

[6] Queirolo, F., Tonelli, F., Schenone, M., Nan, P., Zunino, I., & Savona, S. A. C. S. (2002). Warehouse layout design: minimizing travel time with a genetic and simulative approach—methodology and case study. In *Proceedings 14th European Simulation Symposium* (pp. 1-5).

[7] Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European journal of operational research*, 177(1), 1-21.

[8] Ho, S. S., & Sarma, S. (2009, September). The fragmented warehouse: Location assignment for multi-item picking. In *2009 2nd International Symposium on Logistics and Industrial Informatics* (pp. 1-6). IEEE.

[9] Heragu*, S. S., Du, L., Mantel, R. J., & Schuur, P. C. (2005). Mathematical model for warehouse design and product allocation. *International journal of production research*, 43(2), 327-338.

[10] De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European journal of operational research*, 182(2), 481-501.

- [11] Ho, Y. C., & Liu, C. F. (2005). A design methodology for converting a regular warehouse into a zone-picking warehouse. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 22(4), 332-345.
- [12] Cormier, G., & Eng, P. (1997). A brief survey of operations research models for warehouse design and operation. *CORS-SCRO Bulletin*, 31(3), 15-20.
- [13] Friemann, F., & Schönsleben, P. (2016). Reducing global supply chain risk exposure of pharmaceutical companies by further incorporating warehouse capacity planning into the strategic supply chain planning process. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 11, 162-176.
- [14] Improving the performance of a Malaysian pharmaceutical warehouse supply chain by integrating value stream mapping and discrete event simulation
- [15] Rahmaty, M., & Nozari, H. (2023). Optimization of the hierarchical supply chain in the pharmaceutical industry. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 7(2), 104-123.
- [16] Friemann, F., Rippel, M., & Schönsleben, P. (2014). Warehouse Capacities in the Pharmaceutical Industry—Plan or Outsource?. In *Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2014, Ajaccio, France, September 20-24, 2014, Proceedings, Part I* (pp. 427-434). Springer Berlin Heidelberg.
- [17] Abideen, A. Z., & Mohamad, F. B. (2019, November). Improving pharmaceutical warehouse supply chain lead time—from production to cross-docking. In *2019 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technologies (CSUDET)* (pp. 63-68). IEEE.
- [18] Rodnichenko, E. K., Gorlenkov, D. V., Petrov, P. A., & Timofeev, V. Y. (2021, March). Augmented reality techniques in industrial warehouse logistics in mining industry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 688, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- [19] Alsaidalani, R., & Elmadhoun, B. (2021). Quality Risk Management in Pharmaceutical Supply Chain, Warehousing and Dispensing-Practical Case Study from Sterile Pharmaceutical Industry. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 68(2).
- [20] Jiang, X., Wang, M., Tian, Z., Lu, Y., & Chen, K. (2019, October). Evaluation Method of Storage Assignment for Intelligent Pharmaceutical Warehouse. In *2019 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)* (pp. 434-437). IEEE.
- [21] De Koster, R. B., Johnson, A. L., & Roy, D. (2017). Warehouse design and management. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6327-6330.
- [22] McGinnis, L., Schmidt, M., & Spee, D. (2014). Model based systems engineering and warehouse design. In *Efficiency and Innovation in Logistics: Proceedings of the International Logistics Science Conference (ILSC) 2013* (pp. 161-178). Springer International Publishing.
- [23] Hao, Y., Tan, Y. C., Tai, V. C., Zhang, X. D., Wei, E. P., & Ng, S. C. (2022). Review of key technologies for warehouse 3D reconstruction. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 16(3), 9142-9156.
- [24] Custodio, L., & Machado, R. (2020). Flexible automated warehouse: a literature review and an innovative framework. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106, 533-558.
- [25] Marziali, M., Rossit, D. A., & Toncovich, A. (2021). Warehouse Management Problem and a KPI Approach: a Case Study. *Management and Production Engineering Review*.
- [26] Demirkiran, Y., & Ozturkoglu, O. (2022). Key performance measures and digital-era technologies in warehouses. *Operations And Supply Chain Management*, 15(2), 193-204.
- [27] Fedotov, A. A., Sergeev, S. M., Provotorova, E. N., Prozhogina, T. V., & Zaslavskaya, O. Y. (2020, May). The digital twin of a warehouse robot for Industry 4.0. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 862, No. 3, p. 032061). IOP Publishing.
- [28] Buckova, M., Krajcovic, M., & Jerman, B. (2017). Impact of digital factory tools on designing of warehouses. *Journal of Applied Engineering Science*, 15(2).
- [29] Minashkina, D., & Happonen, A. (2023). A systematic literature mapping of current academic research linking warehouse management systems to the third-party logistics context. *Acta Logistica (AL)*, 10(2).
- [30] Accorsi, R., Manzini, R., & Maranesi, F. (2014). A decision-support system for the design and management of warehousing systems. *Computers in Industry*, 65(1), 175-186.
- [31] Aussarresse, S. (2023). Warehousing trends and innovations: best practices (Bachelor's thesis, University of Twente).
- [32] Raafat, F., & Showghi, R. (2020). Warehouse and distribution operations improvements: a case study. *Journal of Supply Chain and Operations Management*, 18(1), 69.
- [33] Li, J. (2023). Improving Decision Making in Warehouse: Data-Driven Forecasting and Storage Simulation (Master's thesis, University of Twente).

Evaluation et amélioration de la performance d'un laboratoire d'analyses médicales

Mohamed Yassine KAABAR¹, Safa Bhar LAYEB², Imen MEJRI³, Najla AISSAOUI⁴Medical

analysis laboratory of the Tahar Maamouri hospital, Nabeul, Tunisia

mohakaab@hotmail.fr

²LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia

safa.layeb@enit.utm.tn

³LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia

imen.mejri@enit.utm.tn

⁴LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, National Engineering School of Carthage, University of Carthage, Tunisia

najla.aissaoui.omrane@gmail.com

Résumé : Cette étude aborde la problématique organisationnelle d'un laboratoire d'analyses médicales au sein d'un hôpital universitaire tunisien afin d'améliorer la performance de son service. Après avoir mené deux enquêtes de simulation et modélisé le processus des patients externes, nous avons proposé un modèle de simulation à événements discrets. En effet, une telle approche trouve son intérêt dans l'étude des flux de patients avec des aspects stochastiques et dans le test de l'impact d'un changement effectué sur plusieurs paramètres. Plusieurs scénarios d'amélioration ont été dérivés et évalués en fonction de leur impact sur le temps d'attente des patients et la durée de leur séjour dans le service.

Mots-clés : Performance, Analyse de la chaîne de valeur, Simulation, Laboratoire d'analyse.

1 Introduction

Pour fournir des soins de qualité de manière efficace, les décideurs du secteur de la santé s'attachent à mesurer et à améliorer leurs performances en raison de l'augmentation de la demande, de la hausse des coûts et de la limitation des ressources [1]. Une réponse en temps utile est l'un des attributs les plus importants pour décrire un service de qualité et, par conséquent, la satisfaction des patients dans un tel contexte [2]. Par conséquent, les responsables cherchent constamment des moyens de réduire les temps d'attente, car ceux-ci jouent un rôle clé dans la détermination de la rapidité des soins. En termes plus précis, le temps d'attente d'un patient correspond au temps total qu'il passe à attendre une ressource quelconque au cours d'un épisode de soins ambulatoires. Une allocation inefficace des ressources et des lacunes organisationnelles sont souvent associées à ce problème. Dans ce contexte, cette étude a été réalisée dans un laboratoire d'analyses médicales d'un hôpital universitaire tunisien.

2 Présentation du problème

Pour fournir des soins de qualité de manière efficace, les décideurs du secteur de la santé s'attachent à mesurer et à améliorer leurs performances en raison de l'augmentation de la demande, de la hausse des coûts et de la limitation des ressources. Dans ce contexte, cette étude a été menée par une équipe interdisciplinaire au sein d'un laboratoire d'analyses médicales d'un hôpital universitaire tunisien. Plus de 50 000 échantillons sont collectés par an, sous la responsabilité de biologistes médicaux qui analysent et interprètent ces résultats médicaux. L'objectif est d'analyser la situation actuelle afin de proposer des solutions concrètes et facilement transposables pour répondre efficacement aux besoins de toutes les parties prenantes.

3 Méthodologie

D'abord, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la satisfaction des patients et des prescripteurs internes. Tous deux expriment des revendications croissantes quant à l'accessibilité aux soins de santé tout en exigeant des garanties de qualité. Pour ce faire, nous avons proposé et réalisé des enquêtes de satisfaction ponctuelles et facilement reproductibles qui impliquent simultanément les deux parties prenantes susmentionnées.

Afin d'évaluer les performances actuelles du laboratoire, nous avons commencé par analyser et cartographier ses différentes unités. Les différents flux de patients ont été modélisés et les données correspondantes ont été collectées. Ensuite, nous avons opté pour l'utilisation de la simulation d'événements discrets pour modéliser la situation actuelle et tester les scénarios d'amélioration potentiels. Dans le cadre de la mise en œuvre du modèle de simulation, le logiciel Arena a été utilisé pour atteindre les objectifs fixés. Outre l'analyse de la situation actuelle, ce modèle permet d'étudier différents scénarios possibles en réponse à des questions de type "What-If" [3]. L'outil permet aux responsables d'évaluer l'impact de changements ou d'actions potentiels sur les indicateurs clés de performance, qui correspondent principalement au temps d'attente des patients, c'est-à-dire à la durée de leur séjour dans le laboratoire.

4 Résultats et interprétations

Les données recueillies des enquêtes de satisfaction ont été passées au crible de plusieurs outils d'analyse statistique descriptive et analytique, comme l'analyse en composantes principales, à l'aide du logiciel R. Plus que 85% des patients étaient satisfaits de la qualité des soins alors que 80% des patients se plaignent de la durée d'attente. Ce constat d'insatisfaction a été confirmé par l'analyse de la chaîne de valeur. En effet, les principaux résultats de la simulation ont permis d'identifier les temps d'attente, les goulets d'étranglement et l'affectation des ressources. Un temps d'attente moyen d'environ 2h20 a été constaté dans l'organisation réelle avec uniquement 9mn de temps de valeur ajoutée. Sur la base de ces résultats, plusieurs possibilités d'amélioration sont présentées pour résoudre ce problème. Il s'agit principalement d'améliorer le déploiement des ressources et de réorganiser les unités. 4 scénarios possibles ont été proposés et testés. Le meilleur de ces scénarios permet une réduction de 34% des temps d'attente.

5 Conclusions et perspectives

Cette étude a abordé les questions d'organisation du laboratoire afin de minimiser le temps de cycle du parcours des patients et d'améliorer la performance de ses services. Les résultats numériques des enquêtes de satisfaction ainsi que l'analyse de la valeur ont permis d'identifier les forces et les faiblesses du laboratoire. Plusieurs scénarios d'amélioration ont été dérivés et évalués en fonction de leur impact sur le temps d'attente des patients et la durée de leur séjour dans le service de laboratoire. Ainsi, une augmentation substantielle des performances du laboratoire pourrait être obtenue par la simple mise en œuvre d'une nouvelle configuration des ressources.

6 Références

- [1]Oliveira, K. B. D., Santos, E. F. D., & Junior, L. V. G. (2017). Lean healthcare as a tool for improvement: a case study in a clinical laboratory. In *Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare* (pp. 129-140). Springer, Cham.
- [2]Carroll, J. G. (2002). Crossing the quality chasm: A new health system for the 21st century. *Quality Management in Healthcare*, 10(4), 60-61.
- [3]Brailsford, S. (2014). Discrete-event simulation is alive and kicking!. In *Agent-Based Modeling and Simulation* (pp. 291-306). Palgrave Macmillan, London.

Exploring the observational differences between binocular magnifying glass and scanning electron microscope in the study of Randall's plaque and calcium oxalate kidney stone

BEN SASSI Amira ^{1·2·3}, FERJANI Wafa^{1·2·3}, BLAIECH Najoua ¹, BOUZID Kahena ^{1·2·4}

1. Laboratory of Clinical Biochemistry, Charles Nicolle Hospital, Tunis, Tunisia

2. Faculty of Medicine, University of Tunis El Manar, 2092, Tunis, Tunisia

3. LR00SP01. Research Laboratory of renal Pathologies; University of Tunis El Manar, 2092, Tunis, Tunisia

4. LR18ES03. Laboratory of Neurophysiology Cellular Physiopathology and Biomolecules Valorisation; University of Tunis El Manar, 2092, Tunis, Tunisia

Abstract: Scanning electron microscope has enabled us to map the composition and identify the elementary phases of the Randall plaque phases, which are missed by the conventional method through binocular magnifying glass.

Keywords: Randall's plaque, SEM exploration, magnifying glass, carbapatite, vasa recta

1 Introduction

kidney stones development is one of the preoccupations of urologists and nephrologists [1]. Oxalic stones have raised to reach over 70% of stones formed worldwide [1]. The genesis of oxalic stones may be mediated by an interstitial deposit of calcium salts known as the Randall Plaque (RP) [2]. RP, its formation precedes the appearance of calculus, and serves as a support for the heterogeneous nucleation of oxalic crystals [2]. RP composition is important in the diagnosis and treatment of urolithiasis [3]. Its presence provides a key structure for understanding factors of kidney stone formation [3].

2 Problem description

Existence of RP are among the several factors involved in the formation of the stones [4]. We focused on comprehending the plaques structural features deploying scanning electron microscope (SEM) and magnifying glass.

3 Methodology

At the biochemical laboratory of Charles Nicolle Hospital's lithiasis unit, 10 RP were collected from kidney stone specimens either removed surgically or spontaneously excreted between 2022 and 2023. To analyze plaque surface morphology and crystal structure, both scanning electron microscopy and magnifying glass were used at varying magnifications. Morphological description of stones was assessed by Leica® S9E stereomicroscope, equipped with digital camera. SEM images were obtained at an acceleration voltage ranging from 5 and 20 keV.

4 Results and interpretation

Under the magnifying glass, RP manifested as amorphous yellow or white masses. They exhibited irregular topography with depression surfaces (figure1). The SEM analysis highlighted the constitution of RP formed

predominantly of carbapatite minerals (figure1). Compacted carbapatite crystal clusters tangled among chaotic gaps and reminiscences of organic matrix. Varied sizes and shapes of carbapatite crystals were observed within the plaques, hinting at diverse pathways of crystal nucleation [4]. In agreement with the shape and arrangement of carbapatite crystals as empty tubules, the vasa recta and the vessels might contribute to mineral deposition within it (figure1) [3].

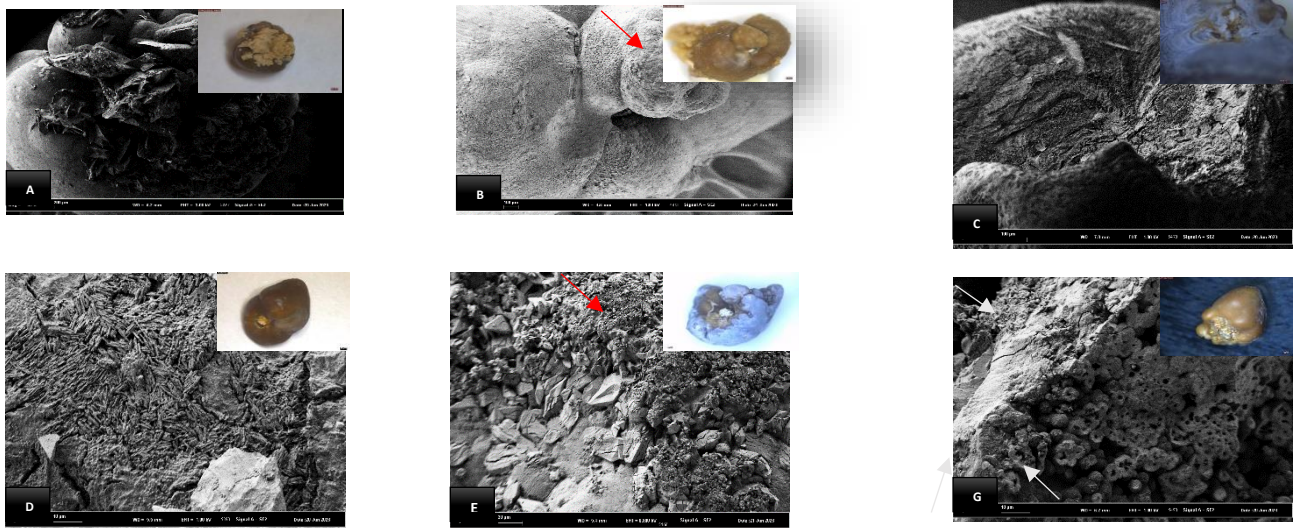


Figure1: Example of macroscopic and mesoscopic images of the examined samples of RP stones

5 Conclusions et perspectives

It is important to note that the SEM provides valuable insights at a submicron level intractable by the magnifying glass. this consequently enables an accurate diagnosis of the stone nucleation. Leveraging SEM uses throw collaboration between Scientists and Engineers could allow an improvement in the stone management.

6 References

- [1] Raheem OA, Khandwala YS, Sur RL, Ghani KR, Denstedt JD. Burden of Urolithiasis: Trends in Prevalence, Treatments, and Costs. *Eur Urol Focus*. 2017 Feb;3(1):18-26.
- [2] Wang Z, Zhang Y, Zhang J, Deng Q, Liang H. Recent advances on the mechanisms of kidney stone formation (Review). *Int J Mol Med*. 2021 Jun 11;48(2):149.
- [3] Chung HJ. The role of Randall plaques on kidney stone formation. *Transl Androl Urol*. 2014 Sep;3(3):251-4.
- [4] Khan SR, Canales BK, Dominguez-Gutierrez PR. Randall's plaque and calcium oxalate stone formation: role for immunity and inflammation. *Nat Rev Nephrol*. 2021 Jun;17(6):417-33.

Filter and machine learning methods in selecting critical features for data classification

Sahour abdelhakim^{1,2}, boumehrez farouk^{1,3}, lameri mohamed^{1,2}

¹Department of industrial Engineering, Faculty of Sciences and Technologies,
ABBES Laghrour University, Khenchela,

²Laboratoire Systèmes et Applications des Technologies de L'information et des Télécommunications (SATIT),
ABBES Laghrour University, Khenchela,

³Laboratoire des Télécommunications (LT), 8 Mai 1945 University, Guelma, Algeria
hakim_sahour@yahoo.fr, boumfarouk@yahoo.fr., moh.lamri@yahoo.fr

Abstract: *The process of selecting important features to classify data is a very crucial step in building effective machine learning models. especially in the data sets with many variables and features. This process helps improve model performance, eliminate unimportant variables, and improve accuracy as well as interpretability. There are different methods for the process selecting features, there are different methods for the process selecting features, it takes into account several factors such as the type of data (categorical or numerical), the nature of the problem, and computational resources. It's often beneficial to experiment with multiple methods and assess their impact on model performance using cross-validation. In this paper, we use machine learning selecting features method, and we evaluate and compare each accuracy and performance of the classification model. Our experiments clearly illustrate a comparative study of the methods applied to the provided diabetes dataset. There is a notable correspondence concerning the absence of redundancy and correlation in features. Additionally, in terms of influencing factors, there is a substantial convergence and identicalness in the ranking.*

Keywords: *filter methods, machine learning, Random forests, Pearson correlation, Decision Trees.*

1 Introduction

Diabetes mellitus is one of the most common diseases in the world, it is a chronic health condition characterized by abnormally high blood sugar levels. This occurs when the body cannot produce enough insulin or use it effectively. Insulin is a hormone that plays an important role in regulating blood sugar levels, as it helps sugar enter cells to generate energy. It is very important for people who have risk factors for diabetes, or who show any symptoms of the disease, to undergo the test. This is to deal with diabetes in the early stages, to avoid serious complications.

In this work, we adopted a dataset from “AKSHAY DATTATRAY KHARE” in Kaggle, Which was originally taken from the National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases.

In the machine learning challenges, high-dimensional data is growing, particularly characterized by an abundance of features [1]. Numerous researchers are dedicated to conducting experiments to address and resolve these issues. Additionally, there is a focus on extracting essential features from these datasets that exhibit high dimensionality. Statistical techniques are employed to reduce noise and eliminate redundant data. However, it is essential to note that not all features are utilized in the model training process. Enhancements can be achieved by incorporating correlated and non-redundant features, underscoring the pivotal role that feature selection plays in refining the model.

2 Methodology

To facilitate the analysis and interpretation of the databases, we first need to improve the readability and display of statistical data. To achieve this, we have used the round function to round the statistical values generated by the dataset's described method to two decimal places.

Random forest is an essential algorithm in machine learning, was proposed by Leo Breiman in 2001 [1]. as a most flexible, efficient, and easy-to-use algorithm, widely used in Data Science and machine

learning due to its significant performance [2], that it can handle the data set containing continuous variables, and categorical variables. They may also be used in several real life.

Decision Trees are non-parametric and versatile supervised learning algorithms that are among the most popular machine learning algorithms given their intelligibility and simplicity [3]. The fundamental goal of a decision tree is to establish a predictive model by learning decision rules from the features of the dataset [4], that works by recursively partitioning the data into subsets based on the most significant attributes. Each internal node of the tree represents a decision based on a feature, and each leaf node represents the output or decision.

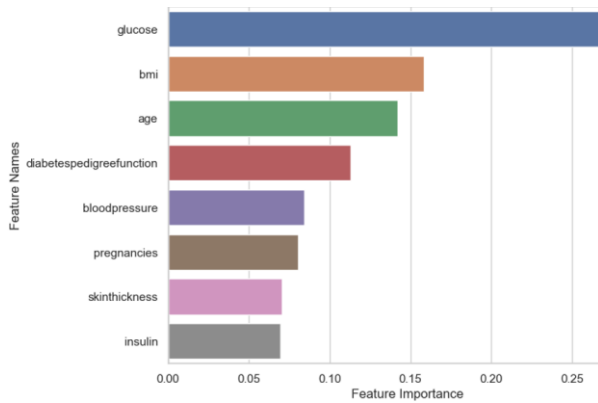


Figure 1. Random Forest feature importance

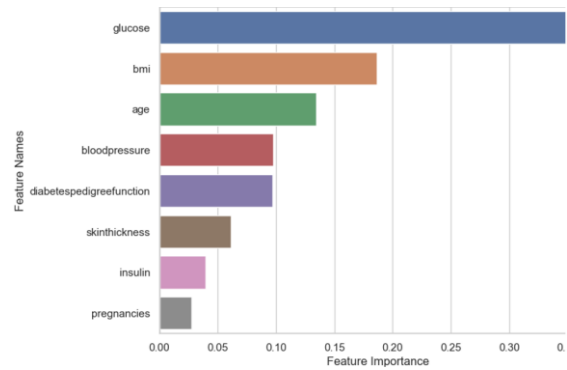


Figure 2. Decision trees feature importance.

3 Results and interpretations

These three features are often considered key indicators in diabetes risk assessment due to their strong associations with the disease. Consistency in their influence across different assessment methods reinforces their importance in predicting the likelihood of developing diabetes.

As for the other remaining features, their order is different for the two methods. It provides these additional parameters valuable insights into the multifactorial nature of diabetes risk assessment. When combined with glucose levels, BMI, and age, they contribute to a comprehensive evaluation of an individual's risk profile for diabetes.

4 Conclusion and future research directions

In conclusion, when assessing the risk of diabetes, a comprehensive evaluation of multiple Features is essential for a thorough understanding of an individual's risk profile. Among the key Features discussed, including glucose levels, BMI, age, number of pregnancies, triceps skin fold thickness, diastolic blood pressure, and diabetes pedigree function, consistency in their influence across different assessment methods is observed.

By considering these Features collectively, healthcare professionals can better tailor preventive strategies, lifestyle interventions, and treatment plans to mitigate the risk of diabetes and its complications. Moreover, ongoing monitoring and adjustments based on changes in these features can aid in the proactive management of diabetes risk and overall health.

5 References

[1] Breiman, L. Random Forests. *Mach. Learn* 2001, 45:5-32.
 [2] Wang Yisen, Xia Shutao. A Survey of Random Forests Algorithms [J]. *Information and Communications Technologies*, 2018(1):49-55.
 [3] Wu, Xindong; and al (2008-01-01). "Top 10 algorithms in data mining". *Knowledge and Information Systems*. 14 (1): 1–37. doi:10.1007/s10115-007-0114-2. hdl:10983/15329. ISSN 0219-3116. S2CID 2367747
 [4] Quinlan, J. R. Induction of decision trees. *Mach. Learn.* 1, 81–106 (1986)

From Roads to Remedies: Exploring the Healthcare Applications of Autonomous Vehicles in Enabling Inclusive and Remote Medical Services

Elaa Elgharbi¹, Safa Bhar Layeb², Mate Zoldy³

¹Tunis Business School, University of Tunis, Tunisia
gharbielaa0@gmail.com

²LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar,
Tunis, Tunisia
safa.layeb@enit.utm.tn

³Department of Automotive Technology, Budapest University of Technology
and Economics Budapest, Hungary
zoldy.mate@kjk.bme.hu

Abstract: *Access to healthcare is limited for individuals with disabilities and those in remote areas, but autonomous vehicles (AVs) offer promise by providing transportation assistance and medical supply delivery. This study aims to enhance AV navigation for improved healthcare accessibility using Model Predictive Control (MPC) integrated with Genetic Algorithms (GA), ensuring safe and efficient transportation and supply delivery. Our approach demonstrates significant improvements in AV performance, addressing critical healthcare access challenges and promising to enhance AV functionality while promoting healthcare equity.*

Keywords: *Autonomous vehicle, MPC, GA, People with disabilities, remote areas.*

1 Introduction

Mobility is the driving force of our 21st century life. Modern technologies, such as increasingly smaller, more accurate and cheaper sensors, decision-making supported by artificial intelligence contribute not only to making mobility more sustainable, but also to increasing its safety [4]. In addition to the areas of infrastructure and decision-making, cognitive mobility shows the greatest health-impacting development in vehicle technology [5].

Autonomous vehicles (AVs) are at the forefront of technological innovation and promise to transform various aspects of society, including access to healthcare. For people with disabilities, traditional transportation barriers often hinder access to basic health services, limiting their independence and quality of life [1]. They also help aging people to extend the active period, even to reach health services more easily [6]. Similarly, remote communities face logistical challenges in providing timely medical care, further exacerbating health care disparities [2]. Examples of such remote areas include mountainous regions, isolated islands, and communities in arid deserts where traditional transportation infrastructure is limited or non-existent. Self-driving is gaining ground not only in ground approach, but primarily through drones, new horizons are also opening up in aviation [7], which can contribute to the provision of health services to isolated communities.

2 Problem description

This paper delves into the profound challenge of healthcare accessibility confronting individuals with disabilities and marginalized communities residing in remote areas. The challenge lies in optimizing navigation routes of AVs to ensure safe healthcare delivery.

It proposes integrating advanced control methodologies like MPC enhanced with GA to optimize AV navigation, aiming to improve accessibility in healthcare delivery.

3 Methodology

In this study, we delve into the intricacies of AV dynamics, particularly focusing on MPC and GA as cutting-edge methodologies with a focus on longitudinal vehicle dynamics. MPC involves utilizing predictive models to optimize control inputs over a finite time horizon, allowing AVs to make decisions dynamically based on anticipated future states [10]. This predictive nature enables AVs to navigate complex environments while adhering to safety constraints and optimizing performance objectives.

Additionally, we integrate GA with MPC to enhance the optimization process further. GA is a heuristic search algorithm inspired by the process of natural selection, which iteratively refines control inputs to converge towards an optimal solution [11].

Hence, this study explores how AVs offer a transformative solution to enhance healthcare access for both populations. By providing transportation assistance for individuals with disabilities and facilitating the delivery of medical resources to remote areas, AVs have the potential to revolutionize healthcare delivery. For vehicle dynamics, the AV was modelled as a point mass with a rectangular shape, focusing on longitudinal dynamics for crosswalk interactions. Obstacle motion was iteratively obtained using pedestrian dynamics, deriving the obstacle state using Newton Second Law of Motion [3].

Safety requirements are incorporated into the MPC constraint architecture to ensure safe AV operation and avoid collisions [8,9]. Constraints are imposed on velocity, control action, and the rate of change of control action to account for vehicle physical constraints. Also, limitations are placed on both the velocity, control action and the rate of change of control action due to the physical constraints of the vehicle.

Moreover, through the integration of advanced control methodologies such as MPC enhanced with GA, AVs can navigate safely and efficiently, tailored to the unique needs of diverse populations. This interdisciplinary approach underscores the importance of collaboration between technology developers, healthcare providers, and policymakers in harnessing the full potential of AVs to achieve equitable healthcare access for all.

4 Results et interpretations

A preliminary study was conducted to tune the parameters of the genetic algorithm. The study reveals a significant impact of population size selection on computational efficiency. Indeed, we have found that opting for a small-size population ensures stable performance, lower average CPU times, and reduced computational burden, crucial for energy efficiency and minimizing environmental impact. The best parameters values are displayed in Table I.

Table1. Tuned GA Parameters

Crossover Rate	Mutation Rate	Number of Generations	Population Size
0.7	0.3	30	30

The evaluation of simulation results using Model Predictive Control enhanced with Genetic Algorithm (MPC-GO) demonstrates promising outcomes. The autonomous vehicle exhibited effective safety measures during interactions, promptly halting when an obstacle initiated a crossing. These results highlight the robustness of MPC-GO in real-world scenarios, showcasing its ability to prioritize safety and manage interactions effectively. Also, exhibiting an acceptable CPU time of 62.71 and lower RMSE of 0.32.

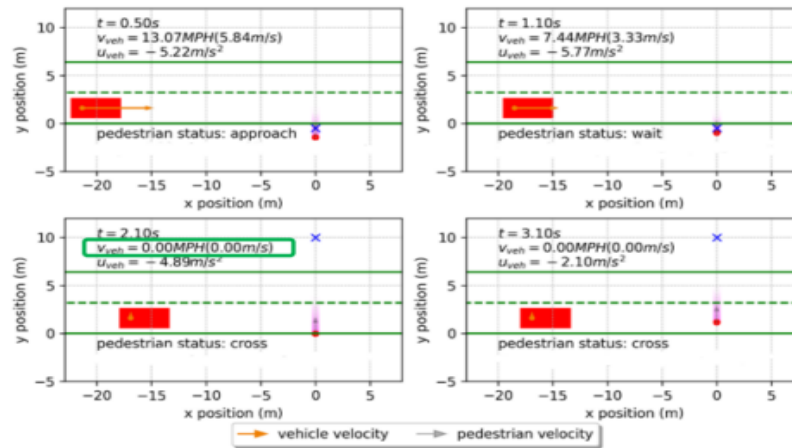


Figure1. Simulation Results

Hence, the results highlight the autonomous vehicle's effective safety measures and swift response to obstacles, crucial for enhancing accessibility for individuals with disabilities. With acceptable CPU time and lower RMSE, these findings underscore the vehicle's potential for efficient medical supply delivery in remote regions.

5 Conclusions and perspectives

In summary, the successful implementation of the Model Predictive Control enhanced with Genetic Algorithm (MPC-GO) for autonomous vehicle (AV) control marks a significant advancement in prioritizing safety and optimizing computational efficiency. The AV's ability to execute a prompt halt in front of moving obstacles underscores its potential to enhance safety, particularly crucial for individuals with disabilities who rely on predictable and safe transportation options. Moreover, the observed reduction in CPU time during simulations suggests the potential for more timely response and efficient delivery of medical supplies in remote areas. Looking ahead, further research can explore broader integration of MPC-GO in AV systems, aiming to address transportation challenges and improve healthcare accessibility for marginalized populations globally. By leveraging AV technology, we can continue advancing towards a more inclusive and equitable healthcare system, ultimately improving the quality of life for individuals with disabilities and underserved communities worldwide.

6 References

- [1] Kassens-Noor, E., Cai, M., Kotval-Karamchandani, Z., & Decaminada, T. (2021). Autonomous vehicles and mobility for people with special needs. *Transportation research part A: policy and practice*, 150, 385-397.
- [2] Nurgaliev, I., Eskander, Y., & Lis, K. (2023). The Use of Drones and Autonomous Vehicles in Logistics and Delivery. *Logistics and Transport*, 57.
- [3] Yang, D., Özgüner, Ü., & Redmill, K. (2020). A social force based pedestrian motion model considering multi-pedestrian interaction with a vehicle. *ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems (TSAS)*, 6(2), 1-27.
- [4] Zöldy, M., & Baranyi, P. (2023). The Cognitive Mobility Concept. *Infocommunications Journal (SP)*, 35-40.
- [5] Zöldy M.(2023):The era of the cognitive mobility, DOI: 10.46720/fwc2023-dgt-015, Conference: FISITA - Tecnology and Mobility Conference Europe 2023, https://www.researchgate.net/publication/377718172_The_era_of_the_cognitive_mobility

- [6] Cao, H. (2022). How to use cognitive tools to increase sustainability of elderly people's mobility?. *Cognitive Sustainability*, 1(4). <https://doi.org/10.55343/cogsust.26>
- [7] Jankovics, I., & Kale, U. (2018). Developing the pilots' load measuring system. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 91(2), 281-288.
- [8] Elgharbi, E., Zöldy, M. ., & Bhar Layeb, S. (2024). Autonomous Vehicle and Pedestrian Interaction : Leveraging The Use of Model Predictive Control & Genetic Algorithm. *Cognitive Sustainability*. <https://doi.org/10.55343/cogsust.90>
- [9] Cao, H., & Zoldy, M. (2021). MPC tracking controller parameters impacts in roundabouts. *Mathematics*, 9(12), 1394.
- [10] Garcia, C. E., Prett, D. M., & Morari, M. (1989). Model predictive control: Theory and practice—A survey. *Automatica*, 25(3), 335-348.
- [11] Mostafa, H. A. Aly, and A. Elliethy, "Accelerating genetic optimization of nonlinear model predictive control by learning optimal search space size," arXiv preprint arXiv:2305.08094, 2023.

Gestion d'une non-conformité analytique en biologie médicale : Cas d'une technique spectrophotométrique manuelle

Lajmi Khaled¹, Maatoug Nesrine¹ et Bouzid Kahena^{1,2}

¹Laboratoire de Biochimie Clinique, Hôpital Charles Nicolle, Tunisie
khaledlajmi4@gmail.com

²Faculté de Médecine de Tunis ; LR18ES03 : Laboratoire de recherche neurophysiologie cellulaire, physiopathologie et valorisation des biomolécules, Université Tunis El Manar 2092. Tunisie
kahena.bouzid@fmt.utm.tn

Résumé : *Les techniques manuelles en spectrophotométrie permettent une panoplie d'application en biochimie clinique. Malgré l'automatisation, certaines trouvent encore leur intérêt clinique. La maîtrise de la procédure analytique de ces techniques passe obligatoirement par une prise en charge adéquate des non-conformités. Ceci n'est valide que grâce à des outils qualité et une bonne gestion des connaissances au sein d'un système qualité formel prenant en considération les particularités d'organisation d'un travail manuel en biochimie clinique.*

Mots-clés: *Non-conformité – Contrôle interne de la qualité – Spectrophotométrie UV- Visible*

1 Introduction

Les laboratoires de biologie médicale s'appuient sur les contrôles internes de qualité (CIQ) pour suivre la performance des équipements et assurer la fiabilité des résultats des examens. L'évaluation des performances dans les laboratoires cliniques est cruciale pour garantir l'exactitude, la précision et la reproductibilité des résultats des tests. Ceci est généralement accompli grâce à des matériaux de contrôle qualité [1].

Ces contrôles utilisent des règles d'acceptation par rapport à une valeur cible [2]. Au laboratoire de Biochimie Clinique, le dosage d'oxalurie de 24 heures est assurée par une technique spectrophotométrique. L'intervalle d'acceptation du CIQ utilisé est celui proposé par le fournisseur de la trousse analytique.

2 Présentation du problème

En pratique, les valeurs des CIQ passés avec les patients peuvent être inacceptables (en dehors de l'intervalle d'acceptabilité retenu), il s'agit d'une non-conformité analytique (NCA). La norme ISO 15189 : 2022 [3], relative à l'accréditation en biologie médicale et adoptée par le laboratoire de Biochimie, exige dans ce cas d'évaluer d'abord la répercussion de la NCA sur les résultats des patients et de mener ensuite les actions curatives et correctives nécessaires. Une NCA de type erreur systématique a été enregistrée lors de l'analyse de l'oxalurie de 24h par technique spectrophotométrique. Comment doit-on la traiter conformément à l'ISO 15189 : 2022 ?

3 Méthodologie

Afin de déterminer les causes possibles de l'erreur systématique détectée, nous avons eu recours à utiliser la méthode 5M [4]. Il s'agit d'un outil permettant de classer les causes d'un problème/dysfonctionnement en 5 familles dont la logique est la suivante :

- Poser le problème en démarrant par « pourquoi ? »
- Faire émerger toutes les idées, toutes les causes possibles avec un brainstorming.

- Classer ensuite les idées en 5 familles : celles qui sont liées aux Moyens, Main d'œuvre (individus), aux Matières, Méthodes (façons de travailler) et au Milieu (conditions de travail).
- Repérer, par vote éventuellement, la ou les causes à tester (les causes probables).
- Enfin, après la réalisation des tests, entourer la cause réelle sur laquelle on pourra éventuellement appliquer les 5 pourquoi.

4 Résultats et interprétations

L'analyse des causes racines de l'erreur systématique a dégagé des actions correctives diverses afin de mieux maîtriser la qualité de la phase analytique comprenant :

- Une composante liée à la traçabilité des réactifs et lyophilisats reconstitués
- Une composante liée à la gestion métrologique des équipements critiques [5]
- Une composante liée à l'amélioration de la procédure analytique documentée en incorporant les phases critiques nécessitant une attention particulière (mettre en valeur les pratiques à respecter rigoureusement)

Par rapport à une technique automatisée la technique manuelle étudiée par spectrophotométrie UV-visible dépend de la qualification de l'opérateur. Il est ainsi indispensable d'habiliter les opérateurs en utilisant des grilles d'habilitation adaptées et idéalement associées au résultat de chaque opérateur lors des comparaisons inter-laboratoires (tests d'aptitudes produisant des z-scores) [5]

5 Conclusions et perspectives

La gestion des NCA pour une méthode manuelle quantitative requiert une capitalisation de l'expérience pour lister les sources d'erreurs possible dans les conditions in-situ, il s'agit d'une auto-évaluation dont la spécificité est la dominance de la dépendance du manipulateur dont l'enjeu est de suivre à proximité l'habilitation et trouver des moyens fiables pour l'évaluer (outil statistique et comparaison inter-opérateurs).

La prise en charge de la NCA dans notre cas a révélé plusieurs pistes d'amélioration des pratiques au sein de l'unité lithiase urinaire du laboratoire de biochimie clinique mais seulement grâce à un brainstorming et une démarche structurée pour le suivi des actions entreprises.

6 Références

- [1] Chaudhry AS, Inata Y, Nakagami-Yamaguchi E. Quality analysis of the clinical laboratory literature and its effectiveness on clinical quality improvement: a systematic review. *J Clin Biochem Nutr.* 2023 Sep;73(2):108-115. doi: 10.3164/jcbrn.23-22. Epub 2023 Jul 7. PMID: 37700849; PMCID: PMC10493209.
- [2] Estelle Bugni et al. Stratégie de gestion du contrôle interne de qualité en laboratoire de biologie médicale Gare au mélange des théories !. *Annales de Biologie Clinique*, 2017.
- [3] ISO 15189 v 2022. International Standard Organization.
- [4] Florence Gillet-Goinard, Bernard Seno. La boîte à outils du responsable qualité - 3e ed. DUNOD, 2016
- [5] Guan XL, Chang DPS, Mok ZX, Lee B. Assessing variations in manual pipetting: An under-investigated requirement of good laboratory practice. *J Mass Spectrom Adv Clin Lab.* 2023 Oct 8;30:25-29. doi: 10.1016/j.jmsacl.2023.09.001. PMID: 37841753; PMCID: PMC10569977.

Improving quality and health services management in Tunisian hospitals through the 5S KAISEN TQM approach

Rhouma Seifeddine¹, Neffati ARWA¹, Bouguerra Hind,^{1,2} Olfa Challouf³

¹ Studies and Planning Directorate, Ministry of Health, Tunisia

² University of Tunis El Manar, Faculty of Medicine of Tunis, Tunisia

³ General Directorate of Public Health Facilities, Ministry of Health, Tunisia

Abstract: *Following the success of the 5S KAISEN TQM experience in the manufacturing industry, The Japan International Cooperation Agency (JICA) and the Tunisian government were highly motivated to introduce and deploy the method in the health sector in pilot public hospitals[1].*

Key words: *Efficiency, Quality of Health Care, Risk Management, Tunisia*

1 Introduction

The 5S KAIZEN-TQM project was funded by the (JICA) to improve quality and health services management in target hospitals and to make recommendations for improving public hospital management. Our aim is to overview the experience of implementing the KAIZEN-TQM 5S approach in pilot hospitals since March 2023 [2].

2 Methodology

The project management included 2 JICA experts and a Tunisian 'project team'. The methodology was based on building the skills of healthcare professionals in pilot establishments through targeted training and on-site technical assistance. These establishments included 1 primary health center, 1 district Hospital, 1 Regional Hospital, 1 University hospital and a transfusion center) to successfully implement the KAIZEN-TQM 5S approach.

3 Results and interpretations

In each health facility, 8 staff members were trained on 7 different topics. Training of trainers was conducted and included 6 national trainers. Quality structures such as the Quality implementation team (QIT) and the work implementation team (WIT) were successfully created and overall, 91 best practice sheets were drawn up. Finally, a platform for sharing experience was created to facilitate the exchange of documents related to the project and the related success stories.

4 Conclusion

Achieving all the steps of this ongoing project will allow to have a model hospital with increased performance and better quality of health services.

5 References

[1] 12374682.pdf .Disponible sur: <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12374682.pdf>

[2] 5S-KAIZEN-TQM PART1.pdf [Internet]. [cité 14 mars 2024]. Disponible sur: <https://qualityofcarenetwork.org/sites/default/files/2019-07/5S-KAIZEN-TQM%20PART1.pdf>

Influence de transport des échantillons sanguins par système pneumatique sur les résultats de certains paramètres en Biochimie

Bartkiz Ahlem¹, Daly Salma¹, Bouzid Kahena¹, Zoubli Aymen², Lajmi Khaled¹, Hedhli Hana², Othmani Safia²; Jouini Sarra²

¹ Laboratoire de Biochimie Clinique, Hôpital Charles Nicolle de Tunis

² Service des Urgences, Hôpital Charles Nicolle de Tunis

Résumé : Le transport pneumatique d'échantillons sanguins subit des forces d'accélération/décélération susceptibles de modifier les résultats biologiques. Une étude comparant le transport pneumatique et le transport par coursier a révélé des différences significatives pour la plupart des paramètres étudiés. Cependant, ces variations n'ont pas été jugées cliniquement significatives, malgré leur influence sur les résultats.

Mots clés : Pneumatique, paramètres biochimiques, hémolyse, transport par coursier.

1. Introduction

Le transport par système pneumatique (TSP) permet de réduire considérablement le délai de transmission des résultats de biologie médicale tout en permettant une économie en personnel « transporteur » [1]. Cependant, ce mode de transport peut nuire à l'intégrité des échantillons et contribuer à des erreurs pré-analytiques dues à une rupture de la membrane érythrocytaire [2].

La norme 15189 exige une maîtrise des méthodes de transport, y compris le système pneumatique [3].

Objectif : Dans ce cadre nous avons réalisé une étude afin d'évaluer l'influence de l'hémolyse induite par le transport par pneumatique sur les résultats de paramètres susceptibles d'être affectés et ce comparativement au transport par coursier.

2. Présentation du problème

2.1. Renvoi bibliographique

L'analyse de la littérature sur l'impact du TSP sur les résultats d'examen de Biochimie montre que chaque installation et configuration du système de pneumatique est unique à son institution d'où l'intérêt des études individuelles dans chaque hôpital afin de valider ce moyen d'acheminement [4].

2.2. Illustration, formule et légende



Figure 1 : Système de transport par pneumatique Figure 2 : Capsule de transport

3. Méthodologie

Etude prospective réalisée en collaboration entre le service des urgences et le laboratoire de biochimie de l'hôpital Charles-Nicolle de Tunis. Nous avons prélevé des échantillons en double sur 114 patients, puis les échantillons ont été acheminés simultanément par pneumatique et par coursier. L'étude statistique a été basée sur la comparaison des séries appariées. Les paramètres suivants ont été analysés sur l'automate (Architect Abbott): l'index hémolytique, potassium(K⁺), lactate déshydrogénase (LDH), magnésium (Mg), Aspartate aminotransférase (ASAT), créatinine.

4. Résultats et interprétations

Une différence significative ($p < 0.05$) a été constatée pour tous les paramètres étudiés (K⁺, LDH, Mg, ASAT) à l'exception de la créatinine ($p = 0.546$). Les dosages de K⁺ et de Mg étaient les plus influencés par le TSP ($P < 0.001$). L'indice de l'hémolyse était comparable entre les deux groupes.

5. Conclusions et perspectives

La présente étude a montré que Le TSP influence de manière significative les résultats, mais c'est sans impact clinique. Des réglages optimaux du TSP et un suivi régulier par des études prospectives permettront de continuer d'utiliser les TSP et de conserver un rendu de résultat très court.

6. Références

[1] Sachs C. Systèmes de transport par réseaux de pneumatiques en milieu hospitalier. *Ann Biol Clin* 2007 ; 65 : 107-15.

[2] Felder RA. Preanalytical Errors Introduced by Sample-Transportation Systems: A Means to Assess Them. *Clin Chem*. 1 oct 2011;57(10):1349-50.

[3] NF EN ISO 15189:2012 : Norme Laboratoire biologie médicale - Afnor Editions [Internet]. [cité 12 févr 2019]. Disponible sur: <https://www.boutique.afnor.org/norme/nfen-iso-15189/laboratoires-de-biologie-medicale-exigences-concernant-la-qualite-et-la-competence/article/678634/fa157270>

[4] Pupek A, Matthewson B, Whitman E, Fullarton R, Chen Y. Comparison of pneumatic tube system with manual transport for routine chemistry, hematology, coagulation and blood gas tests. *Clin ChemLab Med CCLM* 2017;55. <https://doi.org/10.1515/cclm-2016-1157>.

Jumeaux Numériques pour la gestion des systèmes de santé

Zeineb Ben Houria¹, Hajer Khlif¹

¹Université de Tunis El Manar, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, LR OASIS Optimisation et Analyse des Systèmes Industriels et de Services, Tunisie

Zeineb.benhouria@enit.utm.tn

Hajer.khlif@enit.utm.tn

Résumé : *L'application de la technologie des jumeaux numériques dans la gestion des systèmes de santé est devenue une nécessité afin d'optimiser l'accueil des patients. Les jumeaux numériques, définis comme une représentation virtuelle d'un actif physique reproduit virtuellement à partir d'une connexion de données, permettent d'optimiser les flux, d'améliorer les performances et de prévenir les problèmes potentiels en développant un modèle dynamique en temps réel. Ce présent travail explore l'application des jumeaux numériques dans la gestion des systèmes de santé afin d'optimiser l'accueil des patients et prévenir les problèmes potentiels.*

Mots-clés : *Jumeaux Numérique, système de santé, temps réel, modèle dynamique*

1 Introduction

Les services de santé jouent un rôle crucial dans le maintien et l'amélioration de la santé des individus. Avec l'avènement de la pandémie de COVID-19, les systèmes de santé ont été soumis à une pression sans précédent, mettant en évidence la nécessité d'une gestion efficace des services de santé.

De nouvelles recherches explorent l'utilisation de la technologie des jumeaux numériques dans la gestion des systèmes de soins.

Le concept des jumeaux numériques est apparu dans la littérature des systèmes industriels depuis 2010, grâce à la révolution vers l'industrie 4.0. Cette révolution a touché tous les secteurs, y compris le secteur de santé. Le jumeau numérique est une représentation numérique virtuelle d'un actif (par exemple des objets physiques, des processus, des appareils, etc.) contenant le modèle de ses données, ses fonctionnalités et ses interfaces de communication [1]. Cette technologie fournit à la fois les éléments et la dynamique de fonctionnement de l'actif tout au long de son cycle de vie tout en mettant en avant la connexion entre le modèle physique et son homologue virtuel correspondant [1].

Outre que le domaine industriel, la technologie des jumeaux numériques est intégrée dans d'autres domaines à titre d'exemple la gestion des systèmes de santé. Les recherches liées à cette technologie ont augmenté dans les dernières années pour améliorer la planification et la gestion des ressources dans le domaine des soins [2].

2 Méthodologie des jumeaux numériques

Pour un système aussi complexe qu'un hôpital, des différents défis émergent à cause d'une variabilité élevée due à la divergence entre la demande des patients, la capacité et la disponibilité des ressources. Ainsi, les établissements de santé peuvent utiliser les jumeaux numériques pour une meilleure gestion des ressources au fur et à mesure que la demande change à travers une connexion de données entre le système réel et ses copies virtuelles.

Les méthodes de modélisation des jumeaux numériques sont classées en cinq catégories [3] : modélisation géométrique, modélisation basée sur la physique, modélisation basée sur les données, modélisation d'apprentissage automatique informée par la physique et modélisation des systèmes.

La technologie des jumeaux numériques permet de simuler divers scénarios de planification et d'allocation des ressources, permettant ainsi d'optimiser leur utilisation et de réduire les coûts. Dans [1], les auteurs ont développé un modèle représentant les interactions entre les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement des soins au sein d'un hôpital, en utilisant la technologie des jumeaux numériques

tout en se basant sur une simulation d'évènements discrets. Les scénarios simulés ont démontré la possibilité de tester de nouvelles technologies et stratégies de gestion sans mettre en danger la vie des patients.

En vue d'améliorer la qualité des services de soins, un modèle des jumeaux numériques a été mis en place pour surveiller en temps réel le parcours des patients, détecter les situations imprévues et les anticiper [4].

Pour développer un modèle dynamique en temps réel avec les jumeaux numériques, des capteurs peuvent être répartis dans les installations médicales pour recueillir les données en temps réel sur les flux de patients, sur les disponibilités des lits, sur les affectations et les organisations des salles d'opérations, etc. afin d'évaluer les besoins.

Ces données seront ensuite intégrées dans le modèle numérique pour représenter le flux des patients et les ressources disponibles. Cela permet une surveillance en temps réel du parcours des patients et la détection anticipée des situations imprévues.

Par la suite, un modèle de prédiction peut être développé en utilisant des techniques d'apprentissage automatique pour analyser les données historiques et identifier les tendances de demande. En utilisant les jumeaux numériques, des scénarios seront simulés en ajustant les variables de disponibilité des ressources. Des prévisions sur l'augmentation de la demande sont fournies par le modèle. Sur la base des prévisions, des actions préventives peuvent être prises telles que l'ajustement des horaires de travail, augmentation des ressources, etc.

3 Conclusions et perspectives

La technologie des jumeaux numériques permet de prévoir l'augmentation de la demande de service des soins dans certaines spécialités et à certains moments ce qui va permettre d'avoir une meilleure gestion des ressources comme la gestion des équipements et du personnel pour répondre à la demande anticipée.

L'utilisation de la technologie des jumeaux numériques pour la gestion des systèmes de santé est devenue un sujet émergent. Les travaux de recherche restent encore très limités. Cependant, l'utilisation de cette technologie permet d'optimiser la gestion de service de soins. La capacité à anticiper les variations de la demande et à prendre des mesures préventives permet d'améliorer l'efficacité opérationnelle, la satisfaction des patients et la qualité des services de santé.

4 Références

- [1] M. Grieves et J. Vickers, « Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems », in *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*, F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, et A. Alves, Éd., Cham: Springer International Publishing, 2017, p. 85-113. doi: 10.1007/978-3-319-38756-7_4.
- [2] S. Elkefi et O. Asan, « Digital Twins for Managing Health Care Systems: Rapid Literature Review », *J. Med. Internet Res.*, vol. 24, n° 8, p. e37641, août 2022, doi: 10.2196/37641.
- [3] A. Karakra, F. Fontanili, E. Lamine, et J. Lamothe, « HospiT'Win: A Predictive Simulation-Based Digital Twin for Patients Pathways in Hospital », in *2019 IEEE EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI)*, mai 2019, p. 1-4. doi: 10.1109/BHI.2019.8834534.
- [4] A. Karakra, F. Fontanili, E. Lamine, J. Lamothe, et A. Taweel, « Pervasive Computing Integrated Discrete Event Simulation for a Hospital Digital Twin », in *2018 IEEE/ACS 15th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*, oct. 2018, p. 1-6. doi: 10.1109/AICCSA.2018.8612796.

L'architecture pour le bien-être mental : Recommandations spatiales pour l'Inclusion sociale des Personnes Atteintes de TSA en Tunisie

Boussif Yassine¹, Layeb Sana²,

¹Ecole Nationale d'Architecture et d'Urbanisme (ENAU), Université de Carthage, Tunisie

yassin.boussif@enau.ucar.tn

²LaRPAA-ERA-ED-Sia, Université de Carthage, Tunisie

sana.layeb@isteub.ucar.tn

Résumé : *A travers ce travail, nous cherchons à comprendre la relation des personnes atteintes du Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) et l'architecture. En premier lieu, nous explorons cette interaction à travers une analyse des projets pour en tirer des concepts clés. Ensuite, nous développerons une approche conceptuelle afin de proposer des recommandations spatiales adaptées à leurs besoins spécifiques.*

Mots-clés : *Autisme, Architecture, neuro-divergence, besoins sensoriels, inclusion sociale.*

1 Introduction

L'espace va bien au-delà de sa dimension physique, influençant nos expériences et interactions quotidiennes. Les caractéristiques architecturales jouent un rôle essentiel dans le bien-être mental [1], mais les personnes neurodivergentes, comme celles atteintes de TSA, sont sensibles aux environnements en raison de leurs particularités sensorielles. Avec une prévalence mondiale croissante, l'autisme est un enjeu majeur dans les domaines médical, social et éducatif. Selon l'OMS, la prévalence du TSA a augmenté, passant d'une personne sur 500 à une sur 100 en 2023 [3]. En Tunisie, la prévalence de l'autisme a également augmenté, mais les structures de soutien existantes ne répondent pas toujours aux besoins spatiaux spécifiques de ces individus [2]. Cela souligne la nécessité de solutions architecturales adaptées pour soutenir les personnes atteintes de TSA dans leur environnement quotidien.

2 Présentation du problème

L'architecture universelle vise à répondre aux besoins divers des utilisateurs dans un même espace, en intégrant notamment les personnes handicapées selon les principes de Ronald Mace, un architecte ayant introduit le concept de conception universelle [4]. Cependant, l'accessibilité physique et sociale pour les personnes neurodivergentes, telles que celles sur le spectre de l'autisme, est souvent négligée. En se concentrant sur les besoins sensoriels et spatiaux des personnes autistes, nous explorons comment l'architecture peut mieux répondre à ces exigences. En Tunisie, malgré la présence de structures pour les personnes atteintes de TSA, leur inclusion sociale demeure insuffisante, notamment dans les écoles où les défis d'intégration sont nombreux [2]. Nous visons à proposer des solutions pour favoriser l'inclusion sociale des personnes atteintes de TSA à travers la conception spatiale.

3 Méthodologie

Ce travail est structuré en trois grandes parties : théorique, analytique et conceptuelle. Nous commençons par la partie théorique, qui vise à dissiper le flou épistémologique entourant le terme "autisme" et à comprendre les particularités sensorielles des personnes atteintes de TSA. Ces particularités nous aideront à mieux cerner les besoins spatiaux de la population autiste. La deuxième

partie se concentre sur une analyse approfondie de projets existants afin d'extraire des recommandations spatiales. Enfin, la troisième partie consiste à sélectionner un site et à concevoir un projet architectural type en réponse aux besoins spécifiques des personnes atteintes d'autisme, en utilisant les concepts et les outils identifiés précédemment.

4 Résultats et interprétations

Le travail se conclut par la conception d'un projet pilote illustrant les principales recommandations spatiales visant à favoriser le bien-être mental des individus autistes, ainsi que leur inclusion sociale et éducative. Ce projet met également l'accent sur l'importance de créer des environnements inclusifs à partir de la conception de dispositifs spatiaux, du contrôle des ambiances sensorielles avec la lumière, les matériaux et les couleurs, ainsi que de la garantie de la sécurité et de nombreuses autres recommandations dans le développement de solutions spatiales répondant aux besoins des autistes.

5 Conclusion et perspectives

Pour concevoir un projet, l'architecte assume la responsabilité de garantir le bien-être et l'amélioration de la qualité de vie des habitants. Dans notre cas, cette responsabilité se traduit par l'inclusion des autistes dans la société, un objectif ultime. Ainsi, le succès de ce projet pilote se mesure non seulement en termes de structures physiques créées, mais aussi en termes d'impact sur la vie des personnes autistes et de leurs familles. En favorisant une société plus inclusive et sensibilisée, nous espérons améliorer la qualité de vie de tous les membres de la communauté et créer un monde plus juste pour tous.

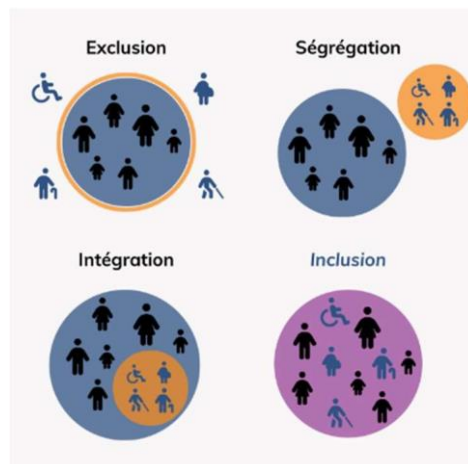


Figure 1. L'inclusion sociale comme but ultime. Source : inee.org

6 Références

- [1] Estelle, D. (2014). *Autisme et Architecture Relations entre les formes architecturales et l'état*. Lyon.
- [2] Halayem, M. B. et al (2014). *Autisme au Pluriel*. Tunis.
- [3] OMS. (2023). *Organisation Mondiale de la Santé*. Récupéré sur who.int.
- [4] Winance, M. (2014). *Universal design and the challenge of diversity. Reflections on the principles of UD, based on empirical research of people's mobility*. Disability and Rehabilitation.

La communication au sein d'une dynamique formelle de management de la qualité : Cas d'un laboratoire hospitalier

Lajmi Khaled¹ et Bouzid Kahena^{1,2}

¹Laboratoire de Biochimie Clinique, Hôpital Charles Nicolle, Tunisie

Khaledlajmi4@gmail.com

²Faculté de Médecine de Tunis ; LR18ES03 : Laboratoire de recherche neurophysiologie cellulaire, physiopathologie et valorisation des biomolécules, Université Tunis El Manar 2092. Tunisie. Tunisie

kahena.bouzid@fmt.utm.tn

Résumé : *Communiquer est au cœur du fonctionnement adéquat des processus qualité, néanmoins certaines informations sont plus critiques et nécessitent une priorisation. Une analyse des parties prenantes pertinentes du système de management (SMQ) permet de hiérarchiser les cibles de la communication et de choisir le canal adéquat pour transmettre l'information dans une démarche qualité.*

Mots-clés: *Communication, SMQ, Laboratoire hospitalier*

1 Introduction

La réussite d'un projet dépend de la motivation de chacun des acteurs et d'un niveau d'information satisfaisant pour chacune des parties prenantes. C'est pourquoi la communication joue un rôle important. Ses destinataires, son contenu et sa fréquence doivent être soigneusement choisis [1]. Dans la même logique le projet d'accréditation d'un laboratoire hospitalier de biochimie clinique nécessite un plan de communication adapté et efficace.

2 Présentation du problème

Le laboratoire de biochimie clinique à l'hôpital Charles Nicolle Tunis s'est inscrit dans une démarche volontaire de mise en place d'une démarche qualité afin d'aboutir ultérieurement à l'accréditation. En planifiant le système de management de la qualité (SMQ), la cellule de pilotage du projet a opté pour concevoir un plan de communication interne et externe pertinent bien que le référentiel utilisé **ISO 15189 : 2022** ne l'exige pas explicitement. Cet outil de pilotage servirait à canaliser les informations échangées avec un environnement complexe du laboratoire médical. La gestion de l'information et de la connaissance permet d'atteindre les objectifs qualité, évaluer les performances et améliorer en continu le SMQ.

Quels sont les outils à déployer afin de définir les parties intéressées pertinentes (PIP) ? Comment les prioriser ? Comment gérer la connaissance et la capitaliser au sein du SMQ grâce à une communication efficace avec les PIP ?

3 Méthodologie

L'approche proposée a stipulé en premier lieu la compréhension des exigences de la norme ISO 15189 : 2022 d'accréditation des laboratoires de biologie médicale [2]. La lecture interprétative a dégagé entre autres les exigences sur les informations à communiquer mais il est aussi utile de déterminer les informations pouvant être nécessaire pour un meilleur fonctionnement du SMQ. C'est ainsi que les étapes à réaliser pour établir notre plan de communication ont été les suivantes [3] :

- 1- Elaboration de la grille des PIP et leurs exigences
- 2- Elaboration de la matrice de priorisation des PIP : ces dernières sont évaluées selon leur influence sur le SMQ et l'influence du SMQ sur elles,

Nous avons ainsi classé les parties prenantes du SMQ en quatre niveaux de priorité conformément au tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Typologie des parties prenantes au sein du SMQ

Priorité 1 : PI pertinentes : s'engager à satisfaire leurs exigences et à communiquer efficacement avec eux.
Priorité 2 : PI non pertinentes : répondre à leurs exigences selon le besoin avec un dialogue assez maintenu
Priorité 3 : PI non pertinentes : garder une communication sans déployer des efforts supplémentaire
Priorité 4 : PI non pertinente : garder la relation avec la PI sans déployer des efforts supplémentaires

- 3- Etablir le plan de communication adapté aux PIP : quelles sont toutes les données à communiquer ? Qui peut/doit communiquer ? Quel est le canal de communication à préférer ?

4 Résultats et interprétations

Le listing des PIP relatives au cas du laboratoire de biochimie clinique se basant sur la norme ISO 15189 : 2022 et la compréhension de l'environnement externe et interne, a révélé une variabilité des receveurs potentiels d'une information circulant au sein du SMQ qui se résume ainsi :

- *Pour la communication externe :*

La communication avec les fournisseurs et prestataires de services (évaluation des services fournis, communication des cahiers de charge, gestion des non-conformités et suivi des améliorations...)

La communication de la politique qualité aux usagers et fournisseurs (affichage dans les locaux, visibilité sur site internet...)

La communication avec les prescripteurs (collaboration clinico-biologique et contrat de prestation de conseil)

- *Pour la communication interne :*

La communication sur la nécessité d'un SMQ efficace voire efficient (information sur les indicateurs de performances)

La gestion des informations communiquées entre les différents processus du SMQ d'ordre opérationnel

La communication de la politique qualité au personnel

La communication des rôles et autorités au personnel médical et paramédical

La communication des objectifs qualité aux pilotes des processus et diffusion des résultats des audits qualité

En fonction de l'influence de la cible de la communication sur le SMQ et vice versa, nous avons pu dégager un plan de communication illustrant les flux des informations critiques à maîtriser en priorité.

5 Conclusions et perspectives

La communication au sein d'un SMQ est assez complexe et nécessite une logistique pour maîtriser les flux d'information. Les processus de laboratoire clinique qui nécessitent une coopération entre des sections géographiquement distinctes sont souvent confrontés à des défis [4].

Une bonne compréhension de l'architecture du SMQ permettrait de développer ainsi des solutions informatiques adaptées pour ce besoin mais à condition de prendre en considération et simultanément les composantes suivantes [5] :

- La sécurité du patient
- La collaboration interdisciplinaire
- La diffusion des informations médicales critiques
- L'information et le consentement des usagers du laboratoire

6 Références

[1] Claude Pinet. 10 clés pour réussir sa certification ISO 9001:2015. Agence Française de Normalisation (AFNOR), 2015.

[2] ISO 15189 v 2022. International Standard Organization

[3] Florence Gillet-Goinard, Bernard Seno. La boîte à outils de la qualité - 4e ed. DUNOD, 2020

[4] Cao J, Dowlin M, West A, Mutandiro C, Mpwo M, Singh IR. A Daily Operational Huddle and a Real-Time Communication Application Improve Efficiency of Laboratory Processes. *Arch Pathol Lab Med.* 2022 Mar 1;146(3):379-385. doi: 10.5858/arpa.2020-0729-OA. PMID: 34133711.

[5] Badrick T, Saleem M, Wong W. Turnaround times and modes of reporting critical results in Asian laboratories. *Ann Clin Biochem.* 2021 May;58(3):247-250. doi: 10.1177/0004563221989361. Epub 2021 Jan 27. PMID: 33412891.

Optimization of Nephrological Care: Peritonitis prediction using Machine Learning tools

Mohamed KERKENI¹, Islam MZOUGHFI¹, Myriam GHARBI^{1,2}, Sondes HAMMAMI^{2,3}, Yosra GUEDRI^{4,5}, Rihem DAHMANE^{4,5}, Awatef AZZEBI^{4,5}, Dorsaf ZELLAMA^{4,5}

¹National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia

²University of Tunis El Manar, National School of Engineers of Tunis, LR11ES20 Analysis, Design and Control Laboratory for Systems, 1002, Tunis, Tunisia

³National Engineering School of Carthage, University of Carthage, Tunisia

⁴Nephrology department, University hospital of Sahloul,

⁵University of Sousse, Faculty of Medicine Ibn El Jazzar of Sousse, Tunisia.

Abstract: *This paper addresses the risk of peritonitis in peritoneal dialysis through the application of machine learning tools. We undertake an analysis to identify the primary factors contributing to peritonitis and predict the early onset of peritonitis in patients.*

Keywords: *Machine Learning, Data Analysis, Healthcare, Nephrology, Peritonitis, Prediction.*

1 Introduction

Peritonitis is a major complication of peritoneal dialysis that happens when the peritoneum, a thin layer tissue inside the abdomen, becomes inflamed. While the origins of peritonitis may include aseptic mistakes, endogenous contamination, or tunnel infections [1], the pathogens most encountered are Gram-positive cocci and Gram-negative bacilli [2][3]. Patients undergoing PD face the risk of mortality due to this infection or inability to sustain this modality (technique failure) [4], they usually get transferred to hemodialysis. This study aims to analyze the causes of peritonitis and predict the early onset of peritonitis in patients.

2 Problem description

This project, initiated as the end-of-year project 2 for industrial engineering students at the National Engineering School of Tunis, is a collaboration with department of nephrology of Sahloul Hospital, Tunisia. Its primary objective is to develop a machine learning model to analyze and predict risk of peritonitis within PD patients. The study encompasses data from 74 PD patients of the peritoneal dialysis unit of Sahloul hospital with mean age of 49 and extremes ranging from 17 to 83 years old, treated from 2001 to 2023.

3 Literature Review

The existing literature predominantly approaches peritonitis from a statistical standpoint, with limited utilization of machine learning techniques. Additionally, it's worth noting that no prior studies have been conducted within the Tunisian nephrology context. In this study, our objective was to compile articles related to peritonitis into an overview table (Table1), highlighting key findings and methodologies employed.

Table1. Studies involved in PD and associated with peritonitis.[5]

Study	Number of samples	Technique used	Outcome
Zhang 2017[6]	83 patients	SVM, RF, Neural network	Define pathogen in PD patients with bacterial infections
Rev Med Suisse 2013[7]	108 patients	Statistics	Define the most effective characteristics of peritonitis.
Am J Nephrol 2016[2]	2014 patients	logistic regression model	Define covariates associated with the risk of developing peritonitis.
Le BDP vol 10 n°1[8]	186 patients	Statistics	Define the etiologies, factors, and pathogens responsible for peritonitis.
Bonnal et al. BMC 2020[9]	1035 patients	Cox and hurdle regression	Associate various educational modalities with differences in the risk of peritonitis.

4 Methodology

To conduct a comprehensive study on the risk of peritonitis, we suggest a three-step approach: (1) database design, wherein we identify attributes based on a literature review that could explain peritonitis occurrences (2) Database collection, and (3) Data analysis utilizing machine learning tools, specifically the Decision Tree algorithm.

5 Results and interpretations

The Decision Tree (DT) model was computed on 74 patients: trained on 62 patients and tested on 12 (separation index = 85%). With a weighted average precision of 0.625 and a weighted average recall of 0.83 we were able to have a F1 score = 0.71.

The DT algorithm has unveiled that patients who are non-hyperpermeable, have initial nephropathy such as Glomerulonephritis, Nephroangiosclerosis, Chronic Interstitial Nephropathy, possess a BMI between 21 and 29, and fall within the age range of over 58 and under 28 years old are at a higher risk of developing early peritonitis which was defined by the occurrence of peritonitis in the first year of PD treatment.

The decision tree can also predict whether a new patient is at a high risk of peritonitis and offer recommendations for mitigating this risk.

6 Conclusion and future research directions

Our study explores the intersection of data science and healthcare optimization. In the Tunisian context, our findings confirm that Age, BMI, permeability, and initial nephropathy are closely related to peritonitis. We intend to expand our dataset by gathering additional patient information and employing alternative models to validate our findings and ensure their applicability to new patients.

7 References

- [1] Ben Lasfar, L., Guedri, Y., Mrabet, S., Zallema, D., Sahtout, W., Azzebi, A., ... Achour, A. (2017). *Péritonite en dialyse péritonéale : Aspects microbiologiques, causes et devenir des patients. Une expérience de 10 ans. Néphrologie Thérapeutique*, 13(5), 328.
- [2] Lanot, A., Lobbedez, T., Bechade, C., Verger, C., Fabre, E., Dratwa, M., Vernier, I. (2016). *Efficacy of prophylactic antibiotics at peritoneal catheter insertion on early peritonitis: Data from the catheter section of the French language peritoneal dialysis registry*. American Journal of

Nephrology, 44(6), 419–425.

- [3] HAMIDA, F., ABDALLAH, T., BARBOUCH, S., ABDERRAHIM, E., KAROUI, C., KAAROUD, H., ... MAIZ, H. *PERITONITES EN DIALYSE PERITONEALE CONTINUE AMBULATOIRE: ETUDE RETROSPECTIVE DE 351 CAS*. Proteus, 5(7), 1.
- [4] Boudville, N., Kemp, A., Clayton, P., Lim, W., Badve, S. V., Hawley, C. M., ... Johnson, D. W. (2012). *Recent peritonitis associates with mortality among patients treated with peritoneal dialysis*. Journal of the American Society of Nephrology, 23(8), 1398–1405.
- [5] Bai, Q., Tang, W. (2022). *Artificial intelligence in peritoneal dialysis: general overview*. Renal Failure, 44(1), 682-687.
- [6] Zhang, J., Friberg, I. M., Kift-Morgan, A., Parekh, G., Morgan, M. P., Liuzzi, A. R., ... Eberl, M. (2017). *Machine-learning algorithms define pathogen-specific local immune fingerprints in peritoneal dialysis patients with bacterial infections*. Kidney international, 92(1), 179-191.
- [7] Vakilzadeh, N., Burnier, M., Halabi, G. (2013). *P´eritonite infectieuse en dialyse p´eriton´eale: une complication trop redout´ee*. Rev Med Suisse, 9, 446-50.
- [8] Lanot, A., Bechade, C., Verger, C., Fabre, E., Vernier, I., Lobbedez, T. (2019). *Patterns of peritoneal dialysis catheter practices and technique failure in peritoneal dialysis: A nationwide cohort study*. PLOS ONE, 14(6).
- [9] Bonnal, H., Bechade, C., Boyer, A., Lobbedez, T., Guillou´et, S., Verger, C., ... Lanot, A. (2020). *Effects of educational practices on the peritonitis risk in peritoneal dialysis: A retro-spective cohort study with data from the French Peritoneal Dialysis Registry (RDPLF)*. BMC Nephrology, 21(1).

Perte de la technique en dialyse péritonéale avec Machine Learning

Ala YANGUI¹ Hammada LEKEHAL¹ Sondes HAMMAMI^{2,3}, Myriam GHARBI^{1,2}
Yosra GUEDRI^{4,5}, Rihem DAHMANE^{4,5}, Awatef AZZEBI^{4,5}, Dorsaf ZELLAMA^{4,5}

¹École nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar

²Université de Tunis El Manar, École nationale d'Ingénieurs de Tunis, LR11ES20 Laboratoire d'Analyse, de Conception et de Commande des Systèmes, 1002, Tunis, Tunisia

³ École nationale d'Ingénieurs De Carthage, Université De Carthage, 2035, Tunis, Tunisie

⁴Nephrology department, University hospital of Sahloul,

⁵University of Sousse, Faculty of Medicine Ibn El Jassar of Sousse, Tunisia.

Résumé : Cet article présente une étude menée à l'hôpital SAHLOUL, visant à développer un modèle prédictif pour l'échec de la technique de la DP en utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle.

Mots-clés : Dialyse péritonéale, Apprentissage automatique, Intelligence artificielle, Prédiction.

1 Introduction

La dialyse péritonéale (DP) offre une alternative à l'hémodialyse pour les patients atteints d'insuffisance rénale terminale. Malgré ses avantages, la pérennité de cette méthode est souvent menacée par des complications conduisant à son échec, ainsi, la prédiction précoce d'échec de la technique représente un défi majeur. Cet article explore l'utilisation de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle (IA) pour développer un modèle prédictif de la survie de la technique de DP pouvant être mis à disposition des unités de dialyse péritonéale afin de mieux sélectionner les patients éligibles à cette technique pour une meilleure longévité.

2 Présentation du problème

2.1 Cadre du projet

Une collaboration entre une équipe d'ingénieurs spécialisés en génie industriel et une équipe de professionnels du service de néphrologie du CHU l'hôpital SAHLOUL a permis de mener une étude sur les patients traités par dialyse péritonéale (DP) entre les années 2001 et 2024. Cette étude, menée à l'hôpital SAHLOUL, a impliqué la collecte de données sur 59 patients, comprenant des informations démographiques, des données cliniques, des résultats biologiques et le suivi des patients. L'objectif de cette étude réside dans l'élaboration d'un modèle prédictif sophistiqué visant à anticiper : prédire l'arrêt de la technique en dialyse péritonéale en recourant aux algorithmes de machine Learning.

2.2 Revue de littérature

La recherche antérieure sur la perte de la dialyse péritonéale a largement utilisé des méthodes statistiques classiques, mais celles-ci ne parviennent pas à intégrer pleinement la complexité des interactions entre les facteurs existants. Ainsi, l'intégration de méthodologies avancées telles que les réseaux neuronaux ou l'apprentissage automatique est essentielle pour une meilleure compréhension et prédiction de ce phénomène complexe [1,2].

En 2024, une étude en Chine a montré que le modèle Forêt Aléatoire est plus efficace que d'autres algorithmes (LASSO, KNN, RL et arbre de décision) pour prédire l'échec de la DP chez les patients souffrant de péritonite. Le manque d'études sur les pays en développement entraîne une compréhension limitée des facteurs influents dans ces régions par rapport aux pays développés et les recherches utilisant le ML pour comprendre la perte de la technique en DP sont rares.

Le tableau 1 résume les études antérieures impliquant l'IA dans le domaine DP.

Tableau 1 : Études sur l'IA impliquées dans la DP

Étude	Nombre d'échantillons /pays	Type d'algorithme AI/ML	Résultat
Noh 2020[3]	1730 patients/korea	neural network	Prédire la mortalité
Brito 2019[4]	2489 patients/US	data mining	Classer les valeurs de sérum créatinine
Zhang 2017[5]	83 patients/Galles	SMV, neural network, RF	Définir l'agent pathogène dans DP
Zang et al 2024[6]	580 patients/Chine	RF, LR, LASSO, KNN, DT	Perte de la technique en DP

3 Méthodologie

Notre objectif comporte deux volets distincts : une analyse descriptive et une analyse prédictive. L'analyse descriptive a pour but d'identifier les principaux facteurs qui influencent la perte de la technique en DP en Tunisie. Pour atteindre ces objectifs, nous proposons une démarche en trois étapes :

- **Définition du problème** : Identifier les objectifs et les contraintes du projet.
- **Collecte et préparation des données** : Recueillies, nettoyées, et préparées pour les données pertinentes, en éliminant les valeurs aberrantes et en traitant les données manquantes.
- **Simulation** : Nous avons effectué une simulation à l'aide du logiciel R en utilisant le modèle de l'arbre de décision AD pour notre base de données.

4 Résultats et interprétations

Nous avons développé un modèle prédictif basé sur l'algorithme de l'arbre de décision (AD) pour prédire l'échec de la technique chez les patients sous dialyse péritonéale (DP). Le modèle a atteint une précision de 66,66%, un rappel (sensibilité) de 54,54% et un score F1 de 59,99%, démontrant un équilibre satisfaisant entre précision et rappel dans la prédiction des échecs de technique. L'âge s'est révélé être le facteur le plus influent dans les prédictions, suivi des facteurs tels que : goutte, de l'IMC, du score de Charlson, de la néphropathie initiale et d'autres variables. Ces résultats soulignent la pertinence de l'algorithme de l'arbre de décision ainsi que les facteurs importants pour anticiper l'échec de la technique de DP et aider à prendre des décisions cliniques éclairées.

5 Conclusions et perspectives

Cette étude démontre l'efficacité des méthodes avancées d'analyse de données pour améliorer la gestion de la dialyse péritonéale. Les modèles prédictifs fournissent un support décisionnel aux cliniciens, pour une meilleure section des patient dans l'objectif d'améliorer la longévité de la technique et ainsi la qualité de vie des patients. En utilisant ces modèles, les cliniciens peuvent mieux orienter les patients vers le traitement le plus adapté, ce qui optimise l'allocation des ressources et améliore la qualité de vie. Nous espérons augmenter notre base de données (BD) à l'avenir pour obtenir des résultats plus robustes et précis. Une BD plus étendue permettra une meilleure compréhension des nuances de la DP.

6 Références

- [1] Anna A Bonenkamp , Anita van Eck van der Sluijs. “ Technique failure in peritoneal dialysis: Modifiable causes and patient-specific risk factors ”. In : (2023).
- [2] Clémence Béchade, Lydia Guittet, David Evans. “ Early failure in patients starting peritoneal dialysis: a competing risks approach”. In : (2023).
- [3] Noh J, Yoo KD, Bae W, et al. Prediction of the mortality risk in peritoneal dialysis patients using machine learning models: a nation-wide prospective cohort in Korea. *Sci Rep.* 2020;10(1):7470.
- [4] Brito C, Esteves M, Peixoto H, et al. A data mining approach to classify serum creatinine values in patients undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Wireless Netw.* 2022;28(3):1269–1277.
- [5] Zhang J, Friberg IM, Kift-Morgan A, et al. Machinelearning algorithms define pathogen-specific local immune fingerprints in peritoneal dialysis patients with bacterial infections. *Kidney Int.* 2017;92(1): 179–191.
- [6] Zhiyun Zang, Qijiang Xu, Xueli Zhou, Niya Ma, Li Pu, Yi Tang, Zi Li. Random forest can accurately predict the technique failure of peritoneal dialysis associated peritonitis patients In : (2024).

Planification des livraisons de matériel et matières médicaux aux patients dialysés (Liv-PaD)

Emna ABDI¹, Dorsaf DALDOUL², Issam NOUAOURI³

¹ Ecole Polytechnique Internationale Privée de Tunis, Centre de Recherche et Innovation (CRI)

² LR19ES17, Laboratoire d'Optimisation et Analyse des Systèmes Industriels et de Service, Université Tunis El Manar, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie

³ Univ. Artois, UR 3926, Laboratoire de Génie Informatique et d'Automatique de l'Artois (LGI2A), Université d'Artois, 62400 Béthune, France
e.abdi21261@pi.tn, dorsaf.daldoul@enit.utm.tn, issam.nouaouri@univ-artois.fr

Résumé : Le projet a pour objectif de résoudre les défis liés à la planification des livraisons de produits médicaux destinés aux patients dialysés chez SANTÉLYS. En créant un outil sur mesure, il prendra en compte l'évolution des données des patients et les ressources disponibles au sein de l'entreprise. Des contraintes telles que la fréquence des livraisons, les plages horaires et la capacité des véhicules seront prises en considération. Une méthodologie de résolution efficace sera élaborée et les résultats seront présentés à travers une interface graphique conviviale, rendant ainsi l'utilisation de l'outil plus accessible.

Mots-clés : Planification, Produits médicaux, Patients dialysés, Ressources disponibles, Interface graphique.

1 Introduction

Dans un environnement où la gestion des livraisons médicales est vitale pour les patients dialysés, SANTÉLYS se trouve confronté à un défi : la planification des livraisons. Ce projet, nommé Livraisons aux Patients Dialysés (Liv-PaD), vise à créer un outil de planification spécifique. Il intégrera les besoins changeants des patients et les ressources de l'entreprise tout en respectant diverses contraintes logistiques. Une approche de résolution sera développée pour répondre à ce défi, avec une interface graphique conviviale pour une visualisation claire des tournées, visant à améliorer l'efficacité des livraisons pour le bénéfice des patients et de SANTÉLYS.

2 Présentation du problème

Les défis posés par les maladies chroniques sont devenus omniprésents dans les sociétés modernes [1], sollicitant une réponse adaptée et innovante. C'est dans cette perspective que l'association Santélys, pionnière dans les soins de santé à domicile, initie un projet ambitieux. Son objectif est de résoudre la complexité de la planification des livraisons de matériel et de produits médicaux [2], destinés aux patients dialysés [3]. Pour ce faire, elle s'inspire du modèle bien connu du problème du VRP (Voyageur de Commerce) [4], cherchant ainsi à optimiser les itinéraires et les ressources pour une distribution plus efficace et une meilleure qualité de service.

3 Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre pour notre projet (Liv-PaD) comprend plusieurs étapes clés qui visent à répondre efficacement aux contraintes logistiques, comme suit :

- Compréhension et analyse de l'existant : analyse du processus des livraisons, identification des contraintes et des ressources disponibles.
- Collecte des informations : collecte des informations afin de constituer un jeu de données pour tester l'approche de résolution.
- Développement d'une approche de résolution : développement des approches de résolution à base de recherche locale ou de population afin de planifier les tournées d'une manière efficace.
- Simulations et tests sur des cas réels : plusieurs tests seront réalisés en fonction de la périodicité, le nombre de patients, la demande, etc.
- Validation de l'approche : en fonction des tests réalisés, on va pouvoir valider ou corriger

l'approche proposée.

- Développement de l'interface graphique : l'approche de résolution doit être connectée avec une interface graphique qui facilite l'utilisation de l'outil.
- Simulations et tests sur des cas réels : plusieurs tests seront réalisés afin de s'adapter aux besoins de SantélyS en termes d'utilisation.

4 Résultats et interprétations

Le résultat de notre travail sera entouré d'une optimisation globale des coûts de déplacement, englobant la distance parcourue, le nombre de véhicules utilisés, le nombre de tournées, ainsi qu'une visualisation cartographique, suivie d'une analyse des résultats pour évaluer la performance des opérations. Concluons notre travail par un test de sensibilité de notre programme, une étape essentielle pour évaluer sa robustesse face à divers scénarios. À cet effet, nous opterons pour une étude de cas afin de couvrir une condition réaliste et potentiellement variable de l'état initial.

5 Conclusions et perspectives

Le programme Liv-PaD (Livraisons aux Patients Dialysés) représente une avancée majeure pour SantélyS en améliorant la gestion des livraisons de produits médicaux. Les résultats obtenus mettent en lumière l'efficacité de cette approche, notamment en ce qui concerne la réduction des coûts de déplacement et l'amélioration de la qualité du service. Pour l'avenir, les axes d'amélioration comprennent le renforcement de l'outil de planification et une collaboration plus étroite avec les prestataires de services logistiques et une extension de l'application à d'autres domaines de la santé à domicile. En récapitulant, ce projet marque une étape importante dans la transformation numérique des soins de santé à domicile, ouvrant la voie à de nouvelles opportunités d'innovation et d'amélioration continue.

6 Références

- [1] Mechraoui, A., Bouzouraa, E., & Hammami, N. (2022). Chronic Non-Communicable Diseases, Pain, and Coping Strategies: An Overview. *The Open Sports Sciences Journal*, 15(1).
- [2] Li, H., Xiong, K., & Xie, X. (2021). Multiobjective contactless delivery on medical supplies under open-loop distribution. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-7.
- [3] Chabouh, S., Hammami, S., El Amraoui, A., Bouchriha, H., Guedri, Y., Achour, A., & Fessi, H. (2022). Estimating the cost of home dialysis in Tunisia: Application of the Activity-based costing methodology. *La Tunisie médicale*, 100(6), 428.
- [4] Sowole, O. S. (2023). A Comparative Analysis of Search Algorithms for Solving the Vehicle Routing Problem.

Predictive Modelling for Surgical Duration in Emergency Operating Rooms: A Machine Learning Perspective

Hadil Bouasker¹, Oualid Jouini², Zied Jemai¹, Aida Jebali⁴, Xiaolan Xie³, Thomas Botrel⁵, Mathieu RAUX⁵

¹ OASIS-ENIT, University of Tunis El Manar, Tunisia
Hadil.bouasker@etudiant-enit.utm.tn

² Industrial Engineering Laboratory-Centrale Supélec, Paris-Saclay University, France

³ Ecole des Mines de Saint, France

⁴ SKEMA Business School, France

⁵ Sorbonne University, France

Abstract: *Non-elective surgery rooms are confronted with escalating scheduling challenges primarily due to the inherent unpredictability of surgery durations. The primary objective of this research is to provide support to hospital management. We employ a combination of regression and classification machine learning (ML) techniques to predict the Total Surgical Duration (TSD) after conducting a comprehensive analysis of factors influencing the surgical process. Our analysis demonstrates reliable predictions, reaching an 80% accuracy rate.*

Keywords: *Machine Learning, surgical duration, predictive analysis, regression, classification*

1 Introduction

Operating rooms are among the highest expenditure items in hospitals. Based on research findings, approximately 40% of a hospital's expenses are attributed to ORs [1]. A crucial initial phase in the scheduling of surgical procedures involves estimating their duration. Accurate predictions facilitate optimal case scheduling, ensuring the proper allocation of resources. Conversely, inaccurate predictions of surgery durations may lead to overage, occurring when cases extend beyond the expected duration, or underage, arising when cases conclude earlier than the anticipated duration.

2 Problem description

The emergency surgery rooms of the Pitié Salpêtrière hospital are increasingly facing challenges in the scheduling of surgeries. The question addressed in this work is: How can non-elective surgery duration be predicted accurately? This question confronts a significant challenge within the emergency department. This challenge comes from the fact that the condition of non-elective surgical patients can deteriorate rapidly, often changing within minutes. Additionally, comprehensive details regarding the patient's condition may not be fully known until the surgery is underway. To address this issue, we introduce a novel predictive model designed to accurately estimate TSD, leveraging a real dataset featuring 8,389 records of five non-elective surgery types performed in the emergency department between January 1st of 2015 and 31st of December of 2018.

3 Methodology

3.1 Data collection and preprocessing

The available data encompass the patient's information: their identifier, gender, age, number of hospitalizations and comorbidity information. Additionally, the database also contains information about the surgical procedure, such as the title of the operation, the patient entry and exit date and time

from the surgery room.

For the data preparation, the first step involved exploring the database's content and variables. Following this initial step, we examined supplementary data to address the findings from the literature review and a survey results. Then, we performed data cleaning by removing erroneous and atypical data, addressing missing data and asymmetric variables. Subsequently, we applied a dual encoding strategy, combining both One-Hot Encoding and Label Encoding, to transform our categorical variables. Finally, we carried out the standardization of the data.

3.2 TSD discretization

The decision to incorporate classification models is multifaceted. Firstly, it simplifies the inherently continuous TSD prediction problem by breaking it down into discrete categories, making the output more interpretable. Secondly, classification models offer effective solutions to complex predictive modelling tasks.

The process of converting TSD from a numerical value to a categorical value is referred to as discretization. In the context of ML classification algorithms, it is essential that the target variable is in categorical form. Therefore, we applied the elbow method to determine the ideal number of classes for discretizing TSD. In our analysis, we determined that the optimal number is four classes: Short Duration, Moderate Duration, Long Duration, and Very Long Duration.

3.3 Model development

For the feature selection step, we calculated correlation scores using statistical metrics, to identify variables correlated with TSD and to detect variables highly correlated with each other. Following the correlation analysis, we integrated Mutual Information analysis, to identify the most relevant features tailored to each ML model. These models include three regression models: Linear Regression, XGBoost, and Decision Trees, as well as two classification models: Random Forest and K-nearest Neighbors. For hyperparameter optimization, we defined a finite set of values for hyperparameter values specific to each ML algorithm and exhaustively exploring all possible combinations within the defined search space. For each combination, the model was trained and evaluated.

4 Results and interpretations

We conducted a comprehensive analysis of both regression and classification models, examining the outcomes across the entire dataset as well as within each distinct surgical specialty. To accomplish this, we employed evaluation metrics specifically tailored for regression models, such as the Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), the variance explained by the model (R²), and the adjusted variance (Adjusted R²). Additionally, for classification models, we consider precision, F1 score, and overall model accuracy.

In classification, using Random Forest, the highest accuracy reached 86% in the "Urology/Gynecology" specialty. This accuracy remained at 80% when using the model in all specialties. For regression, the minimal error rate was achieved with the Linear Regression algorithm, resulting in an average absolute error of 20.32 minutes in the "Urology/Gynecology" specialty. This error remained at 27.96 minutes when using the model across all specialties, considering a mean surgical duration of 140 minute.

5 Conclusions and perspectives

Considering that the data used in this study originate from healthcare facilities, the choice of algorithms becomes critical. It is advisable to prioritize interpretable algorithms capable of effectively

handling the complexity of medical data. Notable choices include Random Forest for classification and both Linear Regression and XGBoost for regression.

The results obtained have demonstrated that ML algorithms perform well in terms of accuracy and error rates in predicting TSD in a hospital setting. Additionally, in comparison to similar approaches documented in the literature, our approach either outperforms or achieves comparable results to those reported in previous studies, for instance, Benyamine Abbou et al [2] achieved an MAE value of 25.44 minutes for their XGBoost approach, considering a mean surgical duration of 81.73 minute.

While this study has made progress in the domain of surgical duration prediction, there exist avenues for further enhancement and increased accuracy. For example, considering patient-related factors, such as body mass index (BMI) and the ASA score, among others, could enhance the accuracy of predictions [3].

6 References

- [1] BT Denton, AJ Miller, HJ Balasubramanian, and TR Huschka. Optimal allocation of surgery blocks to operating rooms under uncertainty. *Operations Research*, 58:802–816, 2010.
- [2] Benyamine Abbou, Min Chen, Orna Tal, Gil Frenkel and Robyn Rubin. Optimizing Operation Room Utilization—A Prediction Model. *Big Data and Cognitive Computing*, 10:13, 2022.
- [3] Nguyen Boersma, Steyerberg Eijkemans, Van Houdenhoven and Kazemier. Predicting the unpredictable: a new prediction model for operating room times using individual characteristics and the surgeon’s estimate. *Anesthesiology. The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 112:41–49, 2010.

Preventive Maintenance in Operating Theatres: Status of Research

Khadija SEFRAOUI¹, Fouad MALIKI^{1,2}, Najla AISSAOUI OMRANE³, Safa BHAR LAYEB³, Mehdi SOUIER¹

¹ Manufacturing Engineering Laboratory of Tlemcen (MELT), University of Tlemcen, Algeria

² Higher School in Applied Sciences of Tlemcen (ESSA-Tlemcen), Algeria

³ LR-OASIS, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia

Abstract: *The implementation of preventive maintenance in operating theatre equipment is crucial for ensuring patient safety and the quality of healthcare delivery. The right maintenance practices minimize equipment downtime and mitigate risks during surgical procedures. This paper aims to provide the current state of art in applying preventive maintenance specifically within operating theatres.*

Keywords: *preventive maintenance, operating theatres, equipment, patient safety.*

1 Introduction

Health institutions strive to provide high quality services and prioritize safety for their patients through careful consideration of several influential factors, including implementation of maintenance practices for operational facilities and equipment. By investing in preventive maintenance, healthcare providers can achieve cost saving, maximize resource utilization, and optimize operational efficiency in healthcare facilities. According to [1], limited research in the literature has been dedicated to assessing effectiveness and efficiency of preventive maintenance strategies for medical equipment. In this paper, we present a brief survey of the work related to implementing preventive maintenance within the healthcare centres, focusing particularly on its integration into the operating room planning and scheduling problem.

2 Methodology

We conducted the survey, and we have been divided the papers into two sections: the first focusing on those addressing the implementation of preventive maintenance in healthcare centres, and the second concerning the maintenance of equipment within the context of operating room planning and scheduling problems. For the first section, only two works were retained. In [2], the authors introduce a methodology for organizing preventive maintenance schedules in healthcare centres through the utilization of Markov chain-based patrol maintenance. The purpose of [3] is to assess the effectiveness of the maintenance practices used in the maintenance of equipment at three public hospitals in Zambia. For the second section, the main works are reported in Table 1.

TABLE 1. Most related works related to the maintenance of equipment within the context of operating room planning and scheduling

Papers	Resource constraints	Resolution techniques	Objective functions
Vijayakumar et al [4]	OR, Surgeons, Equipment, Nurses	Mathematical programming, Heuristic algorithm	Planned surgeries

AL-Rafaie et al [5]	OR, Surgeons, Equipment, Intensive care beds	Mathematical programming, Heuristic algorithm	Cost, over time, patient waiting time
Kayvanfar et al [6]	OR, Recovery beds, Equipment	Mathematical programming, Lagrangian relaxation	OR idle time, OR utilisation, planned surgeries

It is worthy to note that both [4] and [5] considered the availability of operating rooms, surgeons and equipment as resource constraints, they solved the problem heuristically after presenting a mathematical programming model. [6] added recovery beds availability constraint and considered minimizing operating rooms idle times while maximizing the number of scheduled surgeries to find an optimal schedule of surgeries.

3 Conclusions et perspectives

Since medical equipment maintenance holds paramount significance within healthcare services, we have conducted a brief survey of relevant literature discussing this concept, along with its integration into operating room planning and scheduling program. Our analysis indicates a notable absence of significant integration of prevent maintenance for operating theatre equipment within the integrated problem. Future works should aim to provide comprehensive studies addressing this issue.

4 References

- [1] H. Mahfoud, A. El Barkany, and A. El Biyaali, “Preventive Maintenance Optimization in Healthcare Domain: Status of Research and Perspective,” *Journal of Quality and Reliability Engineering*, vol. 2016. Hindawi Publishing Corporation, 2016. doi: 10.1155/2016/5314312.
- [2] J. González-Domínguez, G. Sánchez-Barroso, and J. García-Sanz-Calcedo, “Scheduling of preventive maintenance in healthcare buildings using Markov chain,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 15, Aug. 2020, doi: 10.3390/APP10155263.
- [3] B. G. Mwanza and C. Mbohwa, “An Assessment of the Effectiveness of Equipment Maintenance Practices in Public Hospitals,” *Procedia Manuf*, vol. 4, pp. 307–314, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.045.
- [4] B. Vijayakumar, P. J. Parikh, R. Scott, A. Barnes, and J. Gallimore, “A dual bin-packing approach to scheduling surgical cases at a publicly-funded hospital,” *Eur J Oper Res*, vol. 224, no. 3, pp. 583–591, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.ejor.2012.09.010.
- [5] A. Al-Rafaie, M. Judeh, and T. Chen, “Optimal multiple-period scheduling and sequencing of operating room and intensive care unit,” *Operational Research*, vol. 18, no. 3, pp. 645–670, Oct. 2018, doi: 10.1007/s12351-016-0287-0.
- [6] V. Kayvanfar, M. R. Akbari Jokar, M. Rafiee, S. Sheikh, and R. Iranzad, “A new model for operating room scheduling with elective patient strategy,” *INFOR: Information Systems and Operational Research*, vol. 59, no. 2, pp. 309–332, May 2021, doi: 10.1080/03155986.2021.1881359.

Redéfinir la prestation des systèmes de santé : Exploiter les solutions informatiques pour améliorer la performance de la prise en charge des enfants TSA

Layeb Sana¹, El Kefi Safa²

¹ Université de Carthage, ISTEUB, ENAU, LR21ES20, LaRPAA, 2026, Tunis, Tunisie

sana.layeb@isteub.ucar.tn

² Université de Colombie, USA

hphactors@gmail.com

Résumé : Notre travail se concentre sur l'exploration des solutions de santé numérique pour favoriser une inclusion sociale et scolaire des enfants autistes dans leurs soins. Nous croyons fermement que ces outils technologiques peuvent encourager la participation active de tous les acteurs et intervenants pour améliorer la prise en charge de ces enfants dans les centres de soins.

Mots-clés : Enfants TSA, Solutions informatiques, Santé mentale, Prise en charge

1 Introduction

L'autisme, caractérisé par ses origines neurodéveloppementales, engendre un mode unique de perception et d'apprentissage. La manière dont les personnes autistes traitent les informations sensorielles joue un rôle fondamental dans le développement de leur système neurocognitif, ce qui met en lumière l'importance de leurs interactions avec leur environnement physique et sensible [1]. Bien que la coordination médicale et éducative soit largement étudiée, peu d'attention est accordée au bien-être et à l'inclusion sociale de ces personnes. Malgré le potentiel des outils technologiques, qui ont fait leur preuve aux pays développés, l'accès reste limité dans les pays en développement [2]. Ce travail vise alors à améliorer l'accessibilité aux services de prise en charge pour les personnes atteintes d'autisme.

2 Présentation du problème

Les études antérieures explorant le potentiel de la technologie dans le développement des soins pour les enfants présentant une complexité médicale ont montré que les solutions informatiques grand public permettaient de répondre à différents besoins : coordination et suivi, sécurité médicale, éducation et soutien social, soutien aux activités de la vie quotidienne, prise de décision partagée, recherche d'informations et soutien émotionnel [2]. L'objectif de notre collaboration multidisciplinaire serait alors de proposer et de développer une solution informatique, adaptée au contexte tunisien, qui applique des méthodes d'IA pour reconnaître les émotions des enfants atteints de trouble de développement par rapport à des situations spatiales particulières afin de pouvoir y remédier.

3 Méthodologie

Le projet articule quatre phases. Nous commençons, d'abord, par une étude de faisabilité et des besoins réels du terrain. Ensuite, nous présentons un balayage de l'état de l'art en plus d'un étalonnage et d'analyse comparative. La troisième étape comporte le développement et le design de l'outil informatique souhaité qui va naître des besoins du terrain réalisés lors de la première étape. La dernière étape de ce travail sera l'étude de la facilité de l'utilisation et recueil des retours des usagers (parents, thérapeutes, orthophonistes, ...).

4 Résultats et interprétations

Nous visons développer des applications basées sur la réalité virtuelle (RV), des environnements virtuels basés sur la simulation pour simuler des scénarios de la vie réelle (discussions de groupe, conversations, formation à la prise de parole en public, traversée d'une rue, promenade architecturale...). Les environnements virtuels peuvent également être peuplés de personnages virtuels qui réagissent de manière prévisible, ce qui permet aux enfants d'apprendre et de gérer les signaux physiques (sons, lumière, couleurs, ...) ou sociaux (paroles, appels, ...) et les interactions à leur propre rythme [3]. Cela peut donc nous aider à relever les défis de cette population en matière d'interaction sociale et de communication.

La réalité virtuelle permet de créer un environnement contrôlé et modulable, ce qui est crucial pour les enfants autistes qui peuvent être confrontés à une surcharge sensorielle et émotionnelle dans des situations réelles. La RV permet aux thérapeutes de créer une exposition flexible, incrémentale et contrôlée à des stimuli qui peuvent déclencher des situations d'angoisse et de difficultés sociales.

Cette adaptabilité peut aider les parents ainsi que leurs thérapeutes à une meilleure prise en charge de leurs enfants selon le profil sensoriel de chacun.



Figure1. Exemple illustrant l'environnement contrôlé que peut offrir la réalité virtuelle

5 Conclusions et perspectives

Le développement de technologies basées sur la RV pour les enfants avec TSA offre un immense potentiel pour améliorer l'accès aux interventions spécialisées, promouvoir le développement des compétences dans un environnement sûr, faciliter l'interaction sociale et soutenir la formation des professionnels. En tirant parti des avantages de la RV, nous pouvons utiliser ces technologies pour préparer ces enfants vers une meilleure inclusion scolaire et sociale.

6 Références

- [1] Sana Layeb. La perception de la transition architecturale chez l'enfant avec autisme. *La Revue française de pédagogie : recherches en éducation*, Num. 2014, 2022, ISBN : 979-10-362-0495-1, pp. 53-69 :<http://journals.openedition.org/rfp/11302>
- [2] Onur Asan, Safa Elkefi, Katharine N Clouser and Stephen Percy. Using health information technology to support the needs of Children with Medical Complexity: Mapping review of consumer informatics applications. *Frontiers in Digital Health*, vol. 4, 2022.
- [3] Marcella Bellani, L. Fornasari, L. Chittaro, and P. Brambilla. Virtual reality in autism: state of the art. *Epidemiology and psychiatric sciences*, vol. 20, no. 3, pp. 235-238, 2011.

Role of Tunisian Services Competitiveness Support Program in introducing and institutionalizing a quality management system for health facilities

Rhouma Seifeddine¹, Neffati ARWA¹, Bouguerra Hind,¹

- ^{1.} Studies and Planning Directorate, Ministry of Health, Tunisia
- ^{2.} University of Tunis El Manar, Faculty of Medicine of Tunis, Tunisia

Abstract: In this abstract we will focus on the second axis related to Health of the **Tunisian Services Competitiveness Support Program (PACS)**. The objective of this axis was mainly the implementation of a quality management system (QMS) in Tunisian pilot healthcare facilities and promote their accreditation from 2017 to 2019.

Keywords: *accreditation, quality, Quality of Health Care, Risk Management, hospital, Tunisia*

1 Introduction

Tunisian Services Competitiveness Support Program (PACS) in its second axis included 2 components [1]: creation of the National Authority for Assessment and Accreditation in Healthcare (INEAS); and the continued support for healthcare facilities in improving the quality and safety of health services in Tunisia [2].

The aim of this work is to describe the role of this program in introducing and institutionalizing a quality management system (QMS) for healthcare facilities in Tunisia from 2017 to 2019.

2 Methods

The project was implemented by a team of core experts, a pool of non-core experts and a support team. From 57 candidates, 31 pilot healthcare facilities were selected. To implement QMS, 3 phases were identified: 1) setting up quality structures within these healthcare establishments and strengthening skills to create a quality dynamic. 2) self-assessment and correction of organizational gaps against national quality standards and 3) promoting the commitment of facilities in the accreditation by the INEAS.

3 Results and interpretations

From the pilot facilities, 30 have finalized the first phase in which 154 thematic working meetings were held including 1,438 participants. Moreover, 755 participants were trained in sessions followed by 4000 participants trained internally during skills transfers. There were 26 sites achieving the second phase and finalizing the action plan counted from which 13 facilities (5 public and 8 private) were engaged in INEAS accreditation.

Finally, 55% of the facilities became able to manage their quality approach independently and 187 members of the quality structures were registered on the exchange platform, including 43 quality coordinators.

4 Conclusion and perspectives

The PACS project increased the awareness among professionals about QMS. It involved many professionals in the process, thanks to the completion of the inventory, and improved technical and methodological capacities for quality teams.

5 References

1. Bernardi I. PROJET PACS SANTÉ : DE LA DÉMARCHE QUALITE GESTION DES RISQUES A L'ACCREDITATION INEAS.
2. Irada - Initiative Régionale d'Appui au Développement Economique Durable. [cité 14 mars 2024]. Disponible sur: <https://irada.com.tn/regions/sidi-bouzyd/appuis-financiers-detail/>

Rôle de l'INEAS dans la résilience du système de santé en Tunisie

Houda GHARBI -Sihem MAJOUL- Chokri HAMMOUDA
L'Instance Nationale de l'Evaluation et de l'Accréditation en Santé

Résumé : La résilience reflète la capacité des systèmes de santé à réagir à des chocs externes intenses. Les systèmes de santé résilients ont été caractérisés comme présentant : **la connaissance des ressources disponibles et des défis émergents ; la polyvalence; la capacité de contenir les crises sanitaires.** L'Instance Nationale de l'Evaluation et de l'Accréditation en Santé joue un rôle important dans le développement de cette résilience en surveillant les performances et en facilitant les réponses lors des crises.

Mots clés : Résilience- polyvalence-INEAS-Continuité-Adaptation- ressources-polyvalence

1. Introduction

Au cours des cinq dernières années, le concept résilience est devenu omniprésent et a même figuré dans le thème du quatrième Symposium mondial sur la recherche en systèmes de santé : « Systèmes de santé résilients et réactifs pour un monde en mutation » [1]

L'Instance Nationale de l'Evaluation et de l'Accréditation en santé joue un rôle important dans cette résilience [1]

2. Description du Problème

La résilience reflète la capacité des systèmes de santé à réagir à des chocs externes intenses. Les systèmes de santé résilients ont été caractérisés dans l'un des cadres conceptuels proposés comme présentant cinq caractéristiques principales : la connaissance des ressources disponibles et des défis émergents; la polyvalence pour prendre des mesures face à un large éventail de défis; la capacité de contenir les crises sanitaires et d'éviter les répercussions préjudiciables sur d'autres parties du système de santé; la capacité de proposer une intervention multisectorielle intégrant un éventail d'acteurs et d'institutions ainsi que des processus flexibles permettant de s'adapter en temps de crise [1].

Une autre approche de la résilience met l'accent sur trois caractéristiques : l'absorption, l'adaptation et la transformation. Celles-ci concernent la protection des prestations de services lors de crises, la capacité d'un gouvernement à gérer le système de santé en utilisant moins de ressources et sa capacité à introduire des réformes réalistes répondant à l'évolution de l'environnement. [1].

Les systèmes de santé doivent décentraliser certaines capacités et permettre l'adaptation afin de faire face aux perturbations, les possibilités de reconstruire un système de santé équitable au lendemain de crises peuvent cependant prendre un certain temps à se développer et sont souvent ratées, car elles dépendent d'un leadership solide, d'un financement adéquat et de capacités suffisantes pour mettre en œuvre les réformes [3].

Acteur du système de santé créé en 2012 joue un rôle important dans le système de santé en Tunisie.

3. Méthodologie

Réalisée conformément à la méthodologie : recherche documentaire systématique, hiérarchisée et structurée a été réalisée à partir de l'année 2019 jusqu'à 2024. Elle a inclus une sélection d'articles et de thèse, Cette recherche a été complétée selon les questions, et au cas par cas, avec une analyse critique des nouveaux articles retenus. Les sources d'information suivantes ont été consultées : Medline (National Library of Medicine, Etats-Unis); Science Direct (Elsevier); Haute Autorité de Santé (HAS). Tout au long du projet, d'autres sources et bases de données locales et internationales ont été consultées pour l'étude du contexte.

4. Résultats et Interprétation

L'Instance Nationale de l'évaluation et d'accréditation en Santé joue un rôle crucial dans la résilience du système de santé Tunisien. Voici quelques-unes des contributions essentielles de cette instance à cette résilience :

- **Garantie de la qualité des services de santé** : Cette instance est chargée d'évaluer et d'accréditer les établissements de santé tels que les hôpitaux, les cliniques et les centres de soins. En veillant à ce que ces établissements respectent des normes de qualité élevées sur la base de de Manuel élaboré par des professionnels pluridisciplinaires et en respectant les standards internationaux de sécurité, elle contribue à renforcer la qualité des services de santé proposés à la population [2]
- **Surveillance continue** : L'instance joue un rôle clé dans la surveillance régulière des performances des établissements de santé.
- **Renforcement des capacités** : En collaborant avec les établissements de santé, l'Instance contribue au renforcement des capacités du personnel médical et administratif.
- **Réponse aux urgences** : En période de crise ou d'urgence, cette instance peut jouer un rôle crucial en coordonnant les efforts pour évaluer rapidement les besoins, identifier les ressources disponibles et aider à réaffecter les services de santé pour répondre à la situation d'urgence.
- **Transparence** : En communiquant clairement sur les résultats des évaluations et des accréditations. Cela favorise la confiance du public dans le système de santé et renforce sa capacité à gérer les crises en impliquant activement la population [4]

5. Conclusion

En résumé, l'instance nationale d'évaluation et d'accréditation joue un rôle fondamental dans la résilience du système de santé en garantissant la qualité des services, en surveillant les performances, en renforçant les capacités et en facilitant la réponse aux situations d'urgence.

6. Références

- [1]. See <http://healthsystemsresearch.org/hsr2016/>
- [2]. Haldane, V. et al., 2017. Health systems resilience: meaningful construct or catchphrase? *The Lancet*, 389(10078) <http://bit.ly/2r8RPU4>
- [3]. Davydov, D.M. et al., 2010. Resilience and mental health. *Clinical Psychology Review*, 30(5) <http://bit.ly/2r1Xteq>
- [4]. Health Systems Global, 2015. Resilient and responsive health systems the focus of the Fourth Global Symposium on Health Systems Research <http://bit.ly/2rcAoWq>

Tableau de bord multidimensionnel au service du bloc opératoire

Nejia BEJAOU¹, Amira GHAZOUANI¹, Hajer KHLIF¹, Sondes HAMMAMI^{2,3},
Jameleddine BOUBAHRI⁴

¹UR-OASIS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar, Tunisie
nejia.bejaoui@etudiant-enit.utm.tn; amira.ghazouani@etudiant-enit.utm.tn ;
hejer.khlif@enit.utm.tn

²Laboratoire ACS, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar, Tunisie

³Ecole Nationale d'ingénieurs de Carthage, Université de Carthage, Tunisie

sondes.hammami@enicar.ucar.tn

⁴Centre Hospitalier International Carthagène

boubahri.jameleddine@gmail.com

Résumé : Dans ce travail, nous nous intéressons à réviser et à concevoir un tableau de bord multidimensionnel relatif au bloc opératoire. Pour ce faire, nous avons mis en place une démarche scientifique basée sur les recommandations des modèles internationaux ainsi que celles de l'OMS et de l'INEAS.

Mots-clés : Performance, Bloc opératoire, Tableau de bord, Indicateur, Démarche scientifique.

1 Introduction

Dans un environnement fortement concurrentiel, les établissements de soins privés en Tunisie s'efforcent d'améliorer leur performance en obtenant des accréditations pour garantir leur pérennité et pour améliorer leur offre de soins. Ainsi, les gestionnaires de ces établissements s'intéressent de plus en plus à la conception d'outils d'évaluation de la performance du bloc opératoire, plus précisément des tableaux de bord qui regroupent des indicateurs de performance dans une même interface.

Dans ce contexte, le Centre Hospitalier International Tunis Carthagène s'engage à améliorer la performance du bloc opératoire.

2 Présentation du problème

Dans le cadre d'une collaboration entre une équipe d'ingénieurs de spécialité Génie Industriel et une équipe de professionnels du centre hospitalier, l'objectif de ce travail est de réviser et concevoir un TDB multidimensionnel du bloc opératoire : (1) Conçu selon une démarche scientifique, (2) Respectant les exigences de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de l'Instance Nationale de l'Évaluation et de l'Accréditation en Santé (INEAS), et (3) S'alignant avec les modèles internationaux.

3 Revue de littérature

Étant donné que Carthagène s'engage d'être accrédité par INEAS, nous avons d'abord vérifié les exigences de son manuel [5]. Dans un deuxième temps, nous avons vérifié les propositions des modèles publiés par des organismes internationaux pour évaluer la performance hospitalière. Ces derniers proposent différentes dimensions à évaluer afin d'avoir une vision globale de la performance. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés aux 3 modèles suivants :

- Le modèle Évaluation Globale et Intégrée du Système de la Santé (EGIPSS) [2] qui a été développé par des chercheurs de l'Institut de recherche en santé publique de l'Université de Montréal en 2003 comme outil pour mesurer la performance des établissements sanitaires.

- le modèle français ANAP [1] développé en 2006 par l'Agence nationale d'appui à la performance pour évaluer la performance du bloc opératoire.

- Le modèle PATH [10] développé par l'OMS, c'est un modèle intégrateur qui se base sur la théorie de l'action sociale. Il permet de fournir une vue globale en prenant en compte toutes les composantes du système hospitalier.

Nous notons que plusieurs sont les travaux traitant la performance du bloc opératoire publiés dans des conférences et des journaux scientifiques. Les auteurs de [11] ont élaboré un état de l'art sur les indicateurs d'un bloc opératoire dédié aux urgences. Ils ont classifié les indicateurs en deux classes : centré sur le bloc, centré sur le patient. Frossini et al., [3] ont défini 76 indicateurs répartis en quatre catégories : lignes directrices, hygiène, sécurité et santé ; efficacité. Hong et al., [4] précisent que la performance des salles d'opération devrait être effectuée conjointement par les gestionnaires opérationnels des salles d'opération et la direction de l'hôpital, afin que la manière dont les salles d'opération soient gérées soit alignée sur les objectifs organisationnels.

Nous constatons l'absence d'une démarche claire pour l'élaboration d'un tableau de bord.

4 Méthodologie

Étant donné que la notion de performance est relative à la définition des objectifs [9], chaque indicateur doit refléter un objectif stratégique spécifique. C'est sur ce principe que repose la méthodologie élaborée. L'approche développée est inspirée des travaux de Norton et Kaplan [6-8] qui proposent un modèle permettant d'aligner l'opérationnels sur la stratégie en prenant en compte le caractère multidimensionnel de la performance. Elle est structurée en 5 étapes :

- 1- Analyser la stratégie de la clinique et Identifier les dimensions et les objectifs spécifiques (OS) qui concernent le bloc opératoire
- 2- Juger la significativité des indicateurs proposés par la clinique
- 3- Associer les indicateurs aux couples Dimension-OS
- 4- Classer les indicateurs selon les dimensions des modèles internationaux (EGIPSS et ANAP) et selon la classification de Hong Choon [4].
- 5- Analyser le résultat de la classification et proposer des actions.

5 Résultats et interprétations

Après avoir suivi la méthode proposée, plusieurs constats ont été faits : (1) Seules six des dimensions stratégiques de la clinique sont pertinentes pour le bloc opératoire, (2) Certaines dimensions recommandées par les modèles internationaux, telles que l'efficacité et l'adaptation, ne sont pas prises en compte par la clinique, (3) Seulement 65% des indicateurs proposés par la clinique sont jugés significatifs, parmi lesquels 30% sont associés à des couples dimensions-objectifs stratégiques, tandis que 70% ne le sont pas et (4) des déséquilibres sont observés au niveau des dimensions, avec des disparités dans le nombre d'indicateurs entre celles-ci.

En conséquence, nous avons entrepris une révision détaillée du TDB existant pour assurer une représentation équilibrée de toutes les dimensions clés de la performance en santé. Un nouveau TDB a été élaboré, détaillant chaque objectif stratégique avec son indicateur, sa formule, sa fréquence, sa cible et sa source d'information.

6 Conclusions et perspectives

Ce travail se concentre sur la révision du TDB du Centre Hospitalier International Carthagène. Nous avons commencé par mener une étude des modèles de performance hospitalière. Nous avons développé ensuite une démarche scientifique pour identifier les domaines d'amélioration. Enfin, nous avons présenté nos recommandations pour créer un TDB plus équilibré.

Étant donné que la sécurité des patients était une préoccupation majeure pour le centre hospitalier, nous avons choisi d'y porter notre attention, compte tenu de la disponibilité des données

7 Références

- [1] ANAP. Liste des indicateurs fréquemment suivis dans les blocs opératoires,1-3,2016.
- [2] Champagne ., Contandriopoulos A.P., Picot-Touche J., Béland F., Nguyen H. Un Cadre d'évaluation globale de la performance des systèmes de services de santé : Le Modèle EGIPSS, Rapport technique, Conseil de la santé et du bien-être, 28, 2004.
- [3] Frosini F, Miniati R, Avezzano P, Cecconi G, Dori F, Gentili GB, Belardinelli A. Development of a web based monitoring system for safety and activity analysis in operating theatres. *Technol Health Care*. 2016;24(1):99-109. doi: 10.3233/THC-151073. PMID: 26409560.
- [4] Hong Choon. Assessing the Performance of Operating Rooms : What to Measure and Why?" 105-108, 2011.
- [5] INEAS, Manuel d'accréditation des établissements de santé de 2ème et 3ème lignes, édition 2018.
- [6] Kaplan R.S. et Norton D.P. The balanced scorecard: measures that drive performance", *Harvard Business Review*, 71-79, 1992.
- [7] Kaplan R.S. et Norton D.P. The balanced scorecard: translating strategy into action, *Harvard Business School Press*, 1996.
- [8] Kaplan R.S. et Norton D.P. Le Tableau De Bord Prospectif, *Harvard Business School Press*, 1998.
- [9] Levresse-Toussaint,S. Bloc opératoire: leadership au service de la performance. *Projectics/Proyética/Projectique*, 85-113, 2020.
- [10] OMS, Rapport sur la santé dans le monde, 2000.
- [11] Santamaria-Acevedo G, Jouini O, Legros B, Jemai Z. Performance indicators in emergency operating theaters: A state of the art. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2021 Aug; 634: 486-495. doi: 10.1007/978-3-030-85914-5_52.

Towards Tailoring Reinforcement Learning to Solve the Online Surgery-Planning and Scheduling Problem

Khouloud Bennour¹, Asma Ouled Bedhief², Safa Bhar Layeb³, Najla Aissaoui⁴

¹Tunis Business School, University of Tunis, Tunis, Tunisia
khouloudbennour@outlook.com

²LR-OASIS, Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunis, Tunisia

Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Bizerte, University of Carthage Tunis, Tunisia
asma.ouledbedhief@enit.utm.tn

³LR-OASIS, Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunis, Tunisia
safa.layeb@enit.utm.tn

⁴LR-OASIS, Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunis, Tunisia
Department of Industrial Engineering, National Engineering School of Carthage, University of Carthage Tunis, Tunisia
najla.aissaoui.omrane@gmail.com

Abstract: *Efficient management of operating rooms (OR) and recovery bed resources is crucial for healthcare optimization. This study proposes an online surgery planning and scheduling problem using reinforcement learning to minimize makespan-the total duration required to complete all surgeries and enhance resource utilization in both operating rooms and recovery beds, improving overall responsiveness and patient care.*

Keywords: *Machine Learning, Reinforcement Learning, Operating Rooms Scheduling and Planning, Makespan Minimization, Dynamic Planning*

1. Introduction

In the dynamic healthcare landscape, our research emphasizes the need for an integrated online system to coordinate the scheduling and resource allocation for operating rooms (OR) and recovery beds (RB). This approach ensures real-time adaptability, crucial for optimizing the utilization of these critical, interconnected resources, thereby enhancing patient care, and reducing delays. By simultaneously addressing both planning and scheduling, we effectively eliminate operational inefficiencies and prevent bottlenecks. This targeted approach significantly improves healthcare delivery outcomes. Our study builds upon previous research such as Gökalp et al. (2023) and Tsai, Yeh, and Kuo (2021), who highlight the importance of robust, flexible systems in complex healthcare environments.

2. Problem description

Our research addresses the complex challenge of healthcare planning and scheduling with a focus on optimizing the use of operating rooms and recovery beds. The key decisions include setting the optimal dates for surgeries, assigning operating rooms, allocating recovery beds, and managing the sequence of patient transitions through these resources. The primary goal is to minimize the makespan, which is the total time required to complete a set of surgeries, thereby streamlining operations, and improving resource

utilization. This approach aims to reduce bottlenecks and enhance the overall efficiency of surgical and post-operative care within the hospital.

3. Methodology

Our methodology employs a structured approach to optimize online surgery planning and scheduling using reinforcement learning (RL). The process begins with comprehensive data collection and preprocessing, which forms the foundation for informing the reinforcement learning model. This includes gathering detailed operational data on surgical procedures, patient recovery times, and resource availability. The core of our methodology involves modeling the surgery planning and scheduling problem as a Markov Decision Process (MDP). This framework allows us to systematically represent the decision-making environment where outcomes are partly random and partly under the control of a decision maker (the RL agent). We implement a Q-learning algorithm, a form of model-free reinforcement learning, to learn the optimal scheduling policies. Q-learning helps in identifying which actions to take in a given state based on the potential for future rewards, without needing a model of the environment. It is particularly suited for problems with a high degree of uncertainty and complexity, such as hospital operations. The effectiveness of our model is assessed through simulation, which allows us to test various scenarios and their outcomes without impacting real-world operations. This simulation environment is crafted to closely mimic the actual dynamics of hospital OR and recovery bed utilization, providing a robust platform for our RL agent to learn and adapt. To better understand the components that constitute our reinforcement learning system, refer to the following table which outlines each element in detail.

Table 1: Key Components for Reinforcement Learning in Operating Room and Recovery Bed Planning and Scheduling

Component	Description
Environment	The dynamic setting of hospital operations including availability and allocation of ORs and beds.
Agent	The RL model that makes decisions based on the state of the environment.
States	Current status of ORs and recovery beds, including scheduled, available, and occupied.
Actions	Decisions made by the agent, such as scheduling, rescheduling, and allocation of resources.
Rewards	Metrics evaluating the efficiency of scheduling actions (reduced makespan).
Policy	The strategy that the agent follows to decide the next action based on the current state.
Learning Algorithm	The method used by the agent to improve its policy over time (Q-learning).

The choice of reinforcement learning (RL) for our methodology is strongly supported by existing literature, which high-lights its remarkable effectiveness in managing dynamic and complex systems. Notably, the studies conducted by Seunghoon Lee and Young Hoon Lee (2020) who applied deep reinforcement learning to emergency department sched-uling, demonstrating that deep RL outperformed traditional dispatching rules by minimizing patient waiting times and penalties for emergency patients under dynamic conditions. Additionally, Estes et al. (2022) explored the use of RL in various aspects of production planning and control, finding that RL was primarily effective in production scheduling and supply management. Their findings reveal RL’s superiority over traditional methods, especially in environments with uncertainty or non-linear dynamics.

4. Conclusions et perspectives

This ongoing study offers a promising avenue for employing reinforcement learning in surgical department scheduling, potentially revolutionizing healthcare operations and patient care quality through enhanced efficiency and responsiveness.

5. References

- 1 Estes, A., Peidro, D., Mula, J., & Díaz-Madroñero, M. (2022). Reinforcement learning applied to production planning and control. *International Journal of Production Research*, 60(18), 5772-5789. DOI: [10.1080/00207543.2022.2104180]
- 2 Gökalp, E., Gülpınar, N., & Doan, X. V. (2023). Dynamic surgery management under uncertainty, 309(2), 832-844. DOI: [10.1016/j.ejor.2022.12.006]
- 3 Lee, S., & Lee, Y. H. (2020). Improving Emergency Department Efficiency by Patient Scheduling Using Deep Reinforcement Learning, 8(2), 77. DOI: [10.3390/healthcare8020077]
- 4 Tsai, S. C., Yeh, Y., & Kuo, C. Y. (2021). Efficient optimization algorithms for surgical scheduling under uncertainty, 293(2), 579-593. DOI: [10.1016/j.ejor.2020.12.048]

Transformative Architecture: Fostering Inclusive Spaces for Neurodivergent Well-being in Tunisia

Kaouther Ben Amar¹, Sana Layeb²,
National School of Architecture and Urbanism ENAU¹, University of Carthage, Tunisia
Kaoutherbenamar20@outlook.com
²University of Carthage, ISTEUB, ENAU, LR21ES20, LaRPAA, 2026, Tunis, Tunisia,
sana.layeb@isteub.ucar.tn

Abstract: *The usual focus on a universally accommodating physical environment often overlooks the complex neurological needs of users. Sensory elements like textures, colors, patterns, and acoustics significantly impact the well-being and behavior of neurodiverse individuals. This work illustrates how fundamental architectural principles can enhance the overall well-being of neurodiverse users.*

Keywords: *ADHD; Neurodivergent; sensory; well-being; societal awareness*

1 Introduction

Contemporary architectural endeavors, in their pursuit of functionality and harmony, exhibit notable deficiencies by frequently disregarding individuals with neurocognitive differences. The substantial 15-20% [1] representation of neurodivergent individuals underscores a critical oversight in the adaptability of prevailing architectural frameworks. Neurodivergent conditions, such as dyslexia, Autism Spectrum Disorder, and ADHD, distinguished by distinct sensory sensitivities, necessitate meticulous consideration within architectural paradigms. Focusing on the specific context of the 9.94% ADHD school population in Tunisia [2], this study seeks to formulate an inclusive spatial framework conducive to enhancing sensory experiences. Anchored in the transformative potential of architectural design, the overarching aim is to surpass existing neurodiversity constraints, fostering a more inclusive and empathetic societal fabric.

2 Problem description

Children with ADHD face challenges in vibrant and sonorous spaces, leading to discomfort and tension. Despite societal calls for inclusivity, there is a lack of understanding, with stigmatization and misconceptions prevalent. Criticisms by psychologist Fanny Ayanouglou highlight societal misperceptions, contributing to denial and skepticism [3].

In Tunisia, the rise in learning disorders, estimated at 20% in 2021[4], reveals a gap between theoretical integration policies and practical implementations in schools designed for typical perceptions. Stigmatizing terms and limited information compound challenges. The 9.94% prevalence of ADHD in 2008 emphasizes the need for a shift in societal attitudes and conceptual paradigms for genuine inclusion.

This reality emphasizes the importance of designing spaces that accommodate diverse sensory perceptions for true inclusion. Consideration for spatial characteristics catering to neurodivergent children, especially those with ADHD, is essential for creating environments that foster equal and inspiring interactions between neurotypical and neurodivergent children.

3 Methodology

In this research, our systematic approach addresses ADHD and "architecture for the neurodiverse" with the overarching goal of establishing therapeutic environments for neurodivergent individuals within the built spaces of Tunisia. Initially, we provide a comprehensive understanding of the neurodivergent community, delving into the intricacies of ADHD symptoms such as hyperactivity, impulsivity, and an inability to focus. Our focus extends to recognizing the potential of these individuals and understanding

their interactions within their environments. Subsequently, we delve into elucidating sensory processing disorders, enhancing our comprehension of neurodivergent behaviors. Moving forward, our third step involves collaborating with associations and professionals, where we encounter difficulties in securing accurate information, emphasizing the imperative for updated data. Transitioning to the fourth step, we explore neurodivergent architecture principles from expert architects such as Magda Mostafa and her ASPECTSS index Design, Christopher Beaver, Simon Humphreys, and Andrea Alvarez [5]. This involves emphasizing critical design concepts like flexibility, spatial sequencing, acoustics, colors, lighting, sensory zoning, escape rooms, and transitions. The fifth step involves the analysis of existing projects, and a critique of spaces in Tunisia, such, to extract key elements for designing spaces that are beneficial for neurodivergent individuals. Following consultations with professionals, parents, and the pedagogic staff of associations, we aim to propose an architectural response in Ben Arous, Tunisia where we will conduct an analysis, considering potentialities for a socially and professionally inclusive solution.

4 Results and interpretations

The outcomes of this work culminate in the proposal of a prospective architectural endeavor in Tunisia tailored to accommodate individuals with neurodivergence, specifically ADHD. This envisioned project aims not only to enhance overall well-being for its target users but also to foster heightened awareness within the Tunisian community, thereby mitigating stigmatization prevalent due to the existing information gap, ultimately promoting a more equitable and compassionate society.

5 Conclusions and perspectives

The proposed neurodivergent-informed architectural project in Tunisia, tailored for children ADHD, seeks to enhance well-being and community awareness, countering prevalent stigmatization. Future efforts should focus on continuous empirical studies and refinement of neurodivergent design principles for sustained progress in inclusive design and societal integration.

6 References

- [1] Dominic Gagnon, Pourquoi embaucher plus d'employés neurodivergents?, *Les Affaires*, 2022
- [2] Ministry of Health in Tunisia, Statistiques scolaires, www.education.gov.tn, 2021
- [3] Fanny Ayanoglou, Christelle Vernhet Le TDAH - Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité, *Les Cahiers de l'Actif*, 2021
- [4] Khaoula Khemakhem, Caractéristiques épidémiologiques du trouble déficit de l'attention/hyperactivité en population scolaire dans la région de Sfax Tunisie: étude transversale Service de pédopsychiatrie, CHU Hedi Chaker –Sfax, 2008
- [5] Magda Mostafa, *The Autism Friendly University Design*, 2021

Why and how are kidney stones analysed?

Ferjani Wafa^{1,2,3}, Ben Sassi Amira^{1,2,3}, Lajmi Khaled¹, Blaiech Najwa¹ and Bouzid Kahena^{1,2,4}

¹Laboratory of Clinical Biochemistry, Charles Nicolle Hospital, Tunis, Tunisia
wafa.ferjani@etudiant-fmt.utm.tn

² Faculty of Medicine, University of Tunis El Manar, 2092, Tunis, Tunisia

³ LR00SP01. Research Laboratory of renal Pathologies; University of Tunis El Manar, 2092, Tunis, Tunisia

⁴ LR18ES03. Laboratory of Neurophysiology Cellular Physiopathology and Biomolecules Valorisation; University of Tunis El Manar, 2092, Tunis, Tunisia

Abstract: *Nephrolithiasis is a common disease which is associated to various systemic disorders. Its etiology depends on genetic and metabolic factors, dietary habits lifestyle, medication...etc and it varies according to the stone type. The aim of this paper was to explain how and why kidney stones are analysed and to highlight the importance of the morphological characterization.*

Keywords: *kidney stones, morpho-constitutional analysis, nephrolithiasis, Fourier-transform infrared spectroscopy*

1 Introduction

Nephrolithiasis is a significant healthcare issue that is affecting an increasing number of people worldwide with a high recurrence rate. In order to effectively manage and prevent stone recurrence, a proper stone analysis is crucial to reveal the underlying causes of the disease [1].

2 Methodology

For this presentation, we analysed data collected from literature about kidney stone analysis.

3 Results et interpretations

In routine practice, several physical techniques, such as X-ray powder diffraction, infrared spectroscopy and Raman spectroscopy are used to analyse kidney stones but Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) is considered the reference method to, reliably, identify the crystalline composition of the stones. This technique is performed on representative samples from the analysed stone: these samples are homogenised to create a fine powder then transferred to the FTIR spectrometer to obtain spectra which are then interpreted and evaluated [2]. However, since kidney stones are frequently heterogeneous, this technique is combined with a morphological examination of the calculus from the surface and the section to the nucleus. This step provides valuable information about the lithogenic process of the calculus and its activity and whether other stones were present in contact with the analysed stone [1]. The stones are, then, classified into six major types according to their main component, which are subdivided into morphological subtypes that are corresponding to specific conditions. The most frequent type is Ia, commonly called « idiopathic calcium oxalate monohydrate »; it is mostly related to low diuresis and dietary hyperoxaluria; followed by type IIa (Weddellite); which is related to hypercalciuria; and type IIIb (uric acid) which is associated to insulin resistance and low urine pH [3].

4 Conclusions et perspectives

Though this low-cost morpho-constitutional approach allows an accurate etiological evaluation, it is time consuming and requires a specific training. Thus, with the promising advances that has known the

artificial intelligence, we suggest to study its contribution to improve the quality of kidney stone analysis.

5 References

- [1] Emmanuel Letavernier, Dominique Bazin and Michel Daudon. Description of stone morphology and crystalluria improve diagnosis and care of kidney stone formers, *Healthcare* 2023, 11, 2.
- [2] Daudon M., Dessombz A., Frochot V., Letavernier E., Haymann J.-P. , Jungers P., Bazin D., Comprehensive MorphoConstitutional Analysis of Urinary Stones Improves Etiological Diagnosis and Therapeutic Strategy of Nephrolithiasis. *Comptes Rendus Chim.* 2016, 19, 1470–1491
- [3] Corrales M., Doizi S., Barghouthy Y., Traxer, O., & Daudon, M.. Classification of Stones According to Michel Daudon: A Narrative Review. *Eur Urol Focus* (2020),

5S-KAIZEN-TQM implementation in imaging department

Oussama Ben Ali¹, Houda Gharbi², Sondes Hammami³, Fehmi H'Mida³

¹ National Engineering School of Tunis, Tunisia

Oussama.benali@enit.utm.tn

² Abderrahmen MAMI Hospital, Tunisia

houda.gharbi@gmail.com

² National Engineering School of Carthage, Tunisia

sondes.hammami@enicar.ucar.tn

fehmi.hmida@gmail.com

Abstract: *The ABDERRAHMANE MAMI Hospital's imaging department has partnered with INEAS to improve its services by implementing the 5S-KAIZEN-TQM approach. This innovative initiative makes ABDERRAHMANE MAMI the first hospital in Tunisia to undertake such a project. The goal is to boost employee satisfaction, patient experiences, and the overall quality of care through continuous improvements. These objectives are interconnected, with the initial focus on the 5S method to enhance the work environment and foster teamwork. The next steps will involve using the kaizen method to optimize processes and reduce waste, which is in line with the project's ultimate objectives.*

Keywords: *5S-KAIZEN-TQM, continuous improvement, optimize processes, reduce waste, work environment.*

1 Introduction

Quality has become crucial for businesses to stay competitive, improve productivity, and enhance offerings. In healthcare, it's even more essential, ensuring patient satisfaction and potentially saving lives. Due to the COVID pandemic's impact on hospitals in Tunisia, efficient resource management and waste reduction are paramount. The INEAS and ABDERRAHMANE MAMI Hospital are implementing a quality management system to tackle these challenges. Our project focused on applying the 5S-KAIZEN approach to the hospital's imaging department. We aim to create a practical implementation guide that can be utilized to extend the approach to other departments within ABDERRAHMANE MAMI Hospital and potentially to other hospitals as well.

2 Problem description

2.1 Project framework

In order to address the healthcare challenges in Tunisia, it's crucial to continuously improve public hospitals. The National Authority for Evaluation and Accreditation in Health (INEAS) has teamed up with Abderrahmane Mami Hospital (A. Mami) and the National School of Engineers of Carthage (ENICarthage) to implement the 5S – Kaizen – TQM approach. This approach, inspired by the Japanese industry model, prioritizes making gradual improvements in a collaborative manner to ensure ongoing progress. In addition, a "National Guide for Evaluating Organizational Innovation Experiments in the Health System" is being created. This guide will provide guidance on the innovation process and its different implementation stages. INEAS has chosen A. Mami Hospital as the pilot site for this project. This initiative, the first of its kind in Tunisia, was launched within the hospital in February 2021.

2.2 Literature review

The 5S-KAIZEN approach has demonstrated successful deployment in healthcare facilities across various countries. [1] presented a comprehensive "5S-Kaizen Implementation Guide" for a healthcare facility in

Morocco, detailing the implementation process. Additionally, [2] published a guide on implementing the 5S approach in Madagascar, while [3] developed a guide for setting up a 5S organization in a biomedical workshop. [4] outlined the necessary steps and best practices for adopting the 5S-KAIZEN-TQM approach in healthcare facilities. These guides exhibit similar methodologies, with minor variations tailored to specific contextual needs.

3 Methodology

The 5S approach methodology is primarily comprised of five distinct steps:

S1: Sort: Remove unnecessary items from the workspace.

S2: Set in Order (Straighten): Organize the remaining items in a logical and efficient manner.

S3: Shine (Clean): Clean and maintain the workspace regularly to promote safety.

S4: Standardize: Establish standard procedures and protocols for maintaining the organization and cleanliness achieved in the first three steps.

S5: Sustain: Continuously reinforce the 5S principles through regular training, audits, and employee engagement.

The initial steps of the 5S methodology (Sort, Set in Order, Shine) provide a solid groundwork for the implementation of Kaizen. By organizing and standardizing the workspace through 5S, it becomes easier to identify areas for improvement and implement small changes (Kaizen) effectively.

Additionally, the Standardize and Sustain steps of the 5S methodology ensure that improvements made through Kaizen are maintained over the long term. Kaizen ensures the implementation of small changes that result in major improvements over time according to the PDCA cycle:

- P: Plan, this involves planning the implementation of corrective actions
- D: Do this concerns the implementation of countermeasures
- C: Check this involves the evaluation of the effectiveness of countermeasures
- A: Improving involves standardizing effective countermeasures

4 Results and interpretations

The adoption of the 5S method has brought about noticeable advantages, particularly in reducing accessibility delays and creating more space in storage and archive areas. Notable achievements include a remarkable 96.2% improvement in staff access and utilization of storage facilities, an 88% decrease in document access time, a substantial 93.75% decrease in misclassified files, and a noteworthy 48.56% increase in liberated space. These results highlight the success of the 5S approach in improving operational efficiency and resource management within the department.

Furthermore, the implementation of the KAIZEN technique has resulted in notable improvements in the processing delays of scanning exams. This includes a substantial 91.3% decrease in the frequency of signature delays and a significant 75% reduction in the frequency of validation delays. These improvements demonstrate the effectiveness of the KAIZEN approach in optimizing processes and reducing obstacles, resulting in smoother operations within the department.

5 Conclusions and perspectives

During the COVID pandemic, hospitals have experienced a surge in workload, making it harder to provide quality patient care. To tackle these issues, INEAS and ABDERRAHMANE MAMI hospital have implemented the 5S-KAIZEN method in departments like imaging, Intensive Care Unit (ICU), and microbiology. This project is focused on enhancing the imaging department through careful planning and boosting staff morale. Success hinges on creating a positive work environment and encouraging teamwork. Many efforts have been made to involve and educate employees about the advantages of this approach.

At first, the emphasis was on introducing the 5S method to improve the work environment and foster better collaboration among team members. Later on, the focus shifted to integrating KAIZEN principles to reduce waste and make processes more efficient. Now that both methods have been successfully implemented, the next stage is to guarantee the longevity and widespread acceptance of this approach within the department.

6 References

- [1] A. Sefrioui, "Guide de mise en œuvre du 5S-Kaizen Maroc", 2016.
- [2] P. A. M. Lalatiana, "Guide de mise en œuvre du 5S-Kaizen Madagascar", 2015.
- [3] D. C. R. D. M. D. O. A. Z. W., " Guide de mise en place d'une organisation en 5S dans un atelier biomédical", 2016.
- [4] Hasegawa, T., Karandagoda, W., & Édition, D. (2013). *Changement de management pour l'hôpital*. The Japan International Cooperation Agency (JICA) Edition.