



UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA (UOC)  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA DE DATOS (*Data Science*)

## TRABAJO FINAL DE MÁSTER

ÁREA: 2

# CLASIFICADOR DOCUMENTOS MÉDICOS HOPE

---

Autor: Rubén Vasallo Gonzalez

Profesor: Jordi Casas Roma

Tutor: Carlos Luis Sanchez Bocanegra

Co-Tutor: Rafael Pastor Vargas

---

Barcelona, 18 de octubre de 2020



# Créditos/Copyright



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada  
3.0 España de Creative Commons.



# FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	CLASIFICADOR DOCUMENTOS MÉDICOS HOPE
Nombre del autor:	Rubén Vasallo Gonzalez
Nombre del colaborador/a docente:	Carlos Luis Sanchez Bocanegra, Rafael Pastor Vargas
Nombre del PRA:	Jordi Casas Roma
Fecha de entrega (mm/aaaa):	01/2021
Titulación o programa:	Máster Universitario en Ciencia de Datos
Área del Trabajo Final:	M2.979 - TFM
Idioma del trabajo:	Español
Palabras clave	hope, clasificador, medicina



# Dedicatoria/Cita

Quiero dedicarle este trabajo a mis mentores *Carlos Luis Sanchez Bocanegra* y *Rafael Pastor Vargas* que me han ayudado, apoyado y guiado en todo momento para conseguir los objetivos del máster.





# Agradecimientos

Quiero agradecer a *Carlos Luis Sanchez Bocanegra* por invitarme participar en el Proyecto HOPE y poder aportar mi granito de arena a este gran proyecto.

También quiero dar la gracias a todos los miembros del proyecto HOPE que me han dado la bienvenida al grupo y me han facilitado la vida en unas circunstancias en las que, cuando entre en este, no eran las más idóneas. La mayoría de integrantes del grupo son médicos y la saturación de trabajo que había por el COVID-19 era enorme. Tengo claro que sin ellos y sin la ayuda en especial de Carlos y *Nicolas Passadore* que ha estado luchando para conseguir un dataset con más observaciones, este Máster no habría sido posible.



# Abstract

This Final Master's Thesis *FMT* was born from the need to be able to have in a simple, up-to-date and immediate way, medical bibliographic references cataloged according to the information and the patient's symptoms, being able to make a ranking of more or less interest function of the feedback provided by health professionals on these bibliographic references.

## **Resumen:**

Este Trabajo de Final de Máster (*TFM*) nace de la necesidad de poder disponer de una manera sencilla, actualizada e inmediata, referencias bibliográficas médicas catalogadas según la información y los síntomas que tienen del paciente, pudiendo hacer una clasificación (*ranking*) de más o menos interés en función de la valoración (*feedback*) aportada por los profesionales sanitarios sobre estas referencias bibliográficas.

**Palabras clave:** clasificador, artículos, médicos, PCA, KNN, Regresión Logística, Random Forest, SVM



# Índice general

Abstract	IX
Índice	XI
Listado de Figuras	XIII
Listado de Tablas	1
<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción general del problema . . . . .	3
1.2. Motivación personal . . . . .	4
<b>2. Objetivos del Máster</b>	<b>7</b>
2.1. Objetivo principal . . . . .	7
2.2. Objetivos secundarios . . . . .	7
<b>3. Metodología</b>	<b>9</b>
3.1. Reuniones con el cliente . . . . .	9
3.2. Limitaciones detectadas . . . . .	9
<b>4. Planificación</b>	<b>11</b>
4.1. Fechas importantes . . . . .	11
4.2. Diagrama Gantt . . . . .	11
<b>5. Estado del arte</b>	<b>13</b>
5.1. Recomendadores actuales . . . . .	13
5.1.1. Recomendadores en el ámbito de la medicina . . . . .	14
5.1.2. Recomendadores en el ámbito de la salud . . . . .	15
5.2. Recomendadores en el futuro . . . . .	18
<b>Bibliografía</b>	<b>19</b>



# Índice de figuras

4.1. Gantt del proyecto. . . . .	11
5.1. Web de Pubmed. . . . .	15
5.2. Vista principal de ClinicalTrials. . . . .	16
5.3. Resultados de búsqueda de ClinicalTrials. . . . .	16
5.4. Web de MedlinePlus. . . . .	17





# Índice de cuadros

4.1. <i>Tabla de fechas clave del proyecto.</i> . . . . .	11
---	----



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Descripción general del problema

El Trabajo de Final de Máster (*TFM*) que aquí se presenta nace de la necesidad por parte de los profesionales sanitarios de poder tener la información más exacta posible sobre las mejores referencias bibliográficas actuales sobre tratamientos a aplicar a un paciente, dado unos síntomas concretos. Actualmente existe infinidad de referencias medicas que los profesionales sanitarios pueden consultar, pero esta información es tan abundante que acaba siendo engorrosa de consultar. Esto hace que, muchas veces sea complicado encontrar la información sobre estas referencias bibliográficas para tratar algunas enfermedades. En el ámbito de la medicina el tiempo perdido puede costar vidas y es un precio demasiado elevado a pagar, tanto a nivel económico como emocional.

Los profesionales sanitarios necesitan poder disponer de una plataforma que sea capaz de poder facilitarles estas referencias bibliográficas actuales lo más exactas y personalizadas que sean posible, ajustándose a la búsqueda de la información que poseen de sus pacientes.

Bajo esa premisa nace el proyecto HOPE (que significa *Health Operations for Personalized Evidence* en ingles) con el objetivo de ayudar a estos profesionales sanitarios a encontrar estas referencias bibliográficas que necesitan de la manera más rápida y fácil posible. Actualmente existen bases de datos de confianza en donde los profesionales sanitarios y el publico en general puede buscar estas referencias de ensayos y estudios clínicos con información fiable y desarrollados con anterioridad, pero no siempre es fácil o rápido encontrar estos resultados.

El proyecto HOPE es un sistema basado en inteligencia artificial para identificar la información de casos clínicos registrados en la Historia Clínica Electrónica, en base a los cuales realiza

una búsqueda única por paciente para proporcionar al profesional sanitario recomendaciones de referencias bibliográficas donde constan tratamientos, estudios de investigación e información para ayudar al paciente. Todo en base a registros de fuentes científicas de información. En este proyecto, los profesionales sanitarios de todo el mundo puede consultar en una base de datos estas referencias y ver que otros tratamientos relacionados con los síntomas de sus pacientes han dado resultado. Todo y con eso, el sistema no siempre devuelve las referencias actuales más relevantes por lo que, no siempre la información consultada es útil.

Ademas, actualmente los profesionales sanitarios pueden valorar si la información recibida ha sido útil o no respecto a la búsqueda que han realizado, por lo que con esta valoración (*feedback*), se pretende mejorar el sistema actual complementándolo con un modelo clasificador capaz de ayudar al actual a entregar realmente las referencias que son más útiles basándose en la valoración que los profesionales sanitarios dan al sistema.

Este Trabajo de final de máster (*TFM*) pretende ayudar a mejorar el proyecto HOPE, mejorando su algoritmo de Inteligencia Artificial para que los resultados se ajusten a las necesidades de información que requieren los profesionales sanitarios, en base a las búsquedas personalizadas que puedan hacer respecto a la información que tienen de sus pacientes. Para hacer esto se realizara un estudio de aproximación a conocer cual es el mejor modelo predictivo que puede ayudar a devolver esa información lo más exacta posible.

## 1.2. Motivación personal

En los duros tiempos en los que estamos viviendo actualmente, tanto económica como emocionalmente, es grato ver como la humanidad es capaz de dejar a un lado sus diferencias y unirse para afrontar problemas comunes. En el caso del proyecto HOPE, lo que más me atrajo fue la oportunidad de poder ayudar a encontrar soluciones a enfermedades que ya están en el último paso (o como médicamente se le describe, en cuidados paliativos).

Es evidente que este proyecto no va a dar una solución para curar cualquier enfermedad, pero si puede ayudar a los profesionales sanitarios a poder encontrar posibles soluciones a enfermedades complejas, ayudando a estos profesionales a buscar en la infinidad de documentación medica que existe, el tratamiento que más pueda ayudar a paliar o, quien sabe, curar una enfermedad que ya se daba por incurable. Esto mismo es lo que me motiva y mucho el poder ayudar ante estas situaciones.

---

También me ha motivado muchísimo el conocer a gente profesional que, independientemente del país al que pertenece o la profesión que tiene, se una al proyecto HOPE para participar y ayudar con sus conocimientos a hacer de este mundo, un lugar un poco mejor en el que vivir. Esta experiencia me esta enriqueciendo muchísimo personalmente y espero poder seguir contribuyendo al proyecto cuando este máster acabe.



# Capítulo 2

## Objetivos del Máster

### 2.1. Objetivo principal

**OP** - Poder recomendar al profesional sanitario las referencias bibliográficas actuales más exactas útiles y personalizadas que sean posibles, que pueden ayudar en el tratamiento del paciente, en base a la información que se dispone de este, pudiendo realizar una clasificación (*ranking*) de más interés a menos.

### 2.2. Objetivos secundarios

Para poder cumplir con el objetivo principal **OP1**, desglosaremos los siguientes objetivos secundarios:

**OS1** - Extraer la información de la base de datos y tratarla para quedarnos solo con la que consideramos valida.

**OS2** - Hacer un análisis de componentes principales (estudio de que atributos son relevantes para alcanzar el objetivo).

**OS3** - Enriquecer de los datos (*data augmentation*) prediciendo los resultados que no están indicados si son relevantes o no. Aproximación por Vecinos más próximos (*K-Nearest-Neighbor*).

**OS4** - Predecir los resultados usando el algoritmo de aprendizaje supervisado para clasificación llamado Regresión logística '*Logistic regression*'.

**OS5** - Predecir los resultados usando el algoritmo de aprendizaje supervisado para clasificación llamado Bosques Aleatorios '*Random Forests*'.

**OS6** - Predecir los resultados usando el algoritmo de aprendizaje supervisado para clasificación llamado Máquinas de vector soporte '*Support Vector Machines*'.

**OS7** - Comparar los resultados obtenidos de los 3 modelos.



# Capítulo 3

## Metodología

### 3.1. Reuniones con el cliente

Para poder comprender y abordar con éxito el [objetivo principal](#) se ha realizado dos reuniones en donde el cliente expuso el [problema](#) a abordar y el origen de los datos para poder realizar el estudio.

En estas reuniones se pudo observar que los datos facilitados por el usuario requerían de una limpieza y tratamiento para poder cumplir el objetivo principal, ya que muchas observaciones tenían información poco relevante que podía generar ruido.

### 3.2. Limitaciones detectadas

Realizando un primer análisis visual, se detecto que los datos aportados por el cliente eran insuficientes para completar el [OP1](#), ya que solo se disponía de la información respecto de si una referencia bibliográfica había sido útil o no, pero no se disponía de la información suficientemente detallada para saber si había sido muy útil o poco útil para poder llegar a realizar una clasificación (*ranking*). El cliente nos comenta que en el momento actual no dispone de ese nivel de detalle.

Se acuerda con el cliente que intentara conseguir más volumen de información y con más detalle para poder realizar la clasificación (*ranking*) que necesita. Todo y con eso, se comenta que se realizara una aproximación para indicar si una referencia bibliográfica es útil o no dejando para mas adelante la opción de poder realizar la clasificación (*ranking*) si se consigue ese nivel de detalle por parte del cliente.

También se pudo comprobar que el cliente disponía de un volumen de observaciones bajo por lo que se planteo la posibilidad de, o intentar obtener más observaciones facilitadas por el cliente, o intentar enriquecer las observaciones actuales generando nuevos datos por aproximación a los reales.

Finalmente se decidió estudiar si era viable generar nuevos valores por aproximación, debido a que en el momento en que se trato el problema, el cliente no podía facilitar más datos. Si a lo largo del estudio, el cliente conseguía obtener nuevas observaciones, estas serian añadidas al estudio para aproximar mejor la solución final.

# Capítulo 4

## Planificación

### 4.1. Fechas importantes

A continuación se detalla en la tabla 4.1 las fechas clave del proyecto.

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración
Reunión inicial con el cliente	22/09/20	22/09/20	1
Redacción de objetivos	23/09/20	27/09/20	5
Análisis de mercado	28/09/20	18/10/20	21
Enriquecer el DataSet	19/10/20	01/11/20	14
Diseño del Modelo 1	02/11/20	15/11/20	14
Diseño del Modelo 2	16/11/20	29/11/20	14
Diseño del Modelo 3	30/11/20	13/12/20	14
Redacción de conclusiones	14/12/20	27/12/20	14
Preparación de la Defensa	28/12/20	01/01/21	5

Cuadro 4.1: *Tabla de fechas clave del proyecto.*

### 4.2. Diagrama Gantt

A continuación se muestra en la figura 4.1 el diagrama Gantt del proyecto.

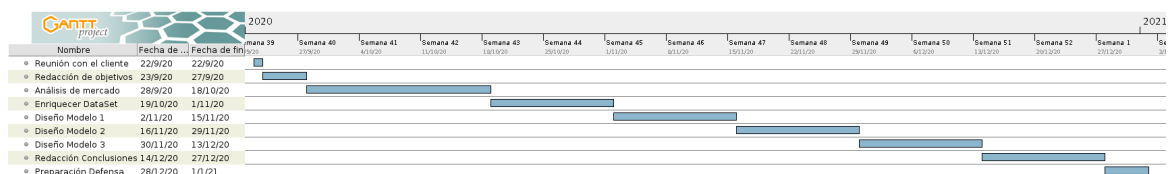


Figura 4.1: Gantt del proyecto.



# Capítulo 5

## Estado del arte

### 5.1. Recomendadores actuales

A día de hoy, existen multitud de clasificadores y recomendadores[1] que se usan a diario para realizar todo tipo de recomendaciones, que van desde cual es el mejor producto en base a unas necesidades, pasando por clasificar piezas o productos en una fabrica para organizar la disponibilidad de estas, hasta incluso a recomendadores de canciones, series o películas en base a unas características de quien solicita estas.

Esto se ha conseguido gracias a la investigación y al IOT (Internet de las cosas 'Internet of Things') que facilita la vida a los investigadores y sobre todo a las personas. Antiguamente eran los usuarios los que, si querían comparar algo, tenían que buscar y buscar por tiendas para encontrar, o bien el mismo producto a distintos precios o bien productos alternativos al que quería adquirir o que directamente desconocía de la existencia de esa alternativa. Esto le consumía muchas horas (o incluso días) y ademas no tenia la garantía de haber abarcado todas las posibilidades.

Hoy en día, a través de Internet y gracias a los Recomendadores/Clasificadores actuales, el usuario puede consultar todas las alternativas y precios y estar mas seguro de que hace una buena elección antes de hacer la inversión.

Los sistemas de recomendación/clasificación existen desde hace muchos años[2]. Han estado ahí para ayudarnos sin darnos cuenta, aunque al principio fueron muy rudimentarios. A medida que las características y el volumen de opciones crecía, se hacia mas complicado y lento realizar esa clasificación/recomendación. Y en ese punto es donde entro los algoritmos de (*Machine*

*Learning*) para ayudar a que esas clasificaciones y recomendaciones fueran posibles en un tiempo razonable.

Dos empresas que quizás merezcan mención especial (gracias a la fama que consiguieron al implementar estos algoritmos) son *Spotify*[3] con su recomendador de canciones y *Netflix*[4] con su recomendador de series. Ambos utilizan el poder de los algoritmos de recomendadores de *Machine Learning* para analizar el comportamiento que tienen sus usuarios en las correspondientes plataformas y sugerir recomendaciones basándose en estos comportamientos.

### 5.1.1. Recomendadores en el ámbito de la medicina

Pese a que en el ámbito de la medicina se ha utilizado mucho la estadística, el uso de estos recomendadores ha sido mas discreto, o al menos no se ha dado a conocer su uso al publico potencial, llegando a quedarse solo en la fase de caso de estudio sin llegar a convertirse en un producto final. Un ejemplo de esto es el recomendador de medicamentos personalizado[5] que se basa en el historial clínico del paciente para recomendar la medicación que se ha de tomar este. Este es un caso de uso muy similar a nuestro [OP1](#), aunque en nuestro caso, buscamos recomendar referencias bibliográficas clínicas.

También se conocen casos donde se han usado estos Clasificadores/Recomendadores para clasificar muestras o grupos de individuos para realizar un posterior análisis del grupo, como por ejemplo este caso de uso[6] que utiliza un clasificador para clasificar plaquetas para un posterior ensayo medico.

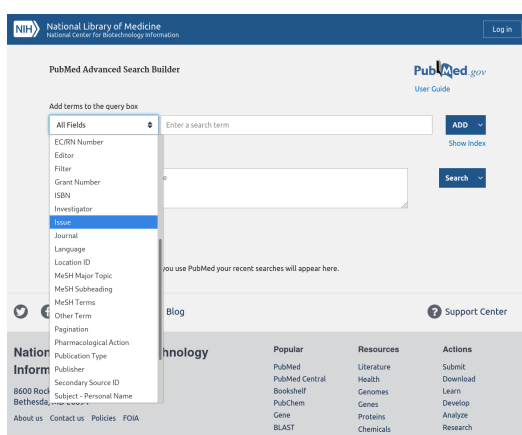
Todo y con eso, como comentamos anteriormente, el uso de Clasificadores/Recomendadores en este ámbito suele pasar a estar en segundo plano por lo que se ha de intuir su uso para darse cuenta que sin ellos, muchos estudios no serian posibles a día de hoy.

### 5.1.2. Recomendadores en el ámbito de la salud

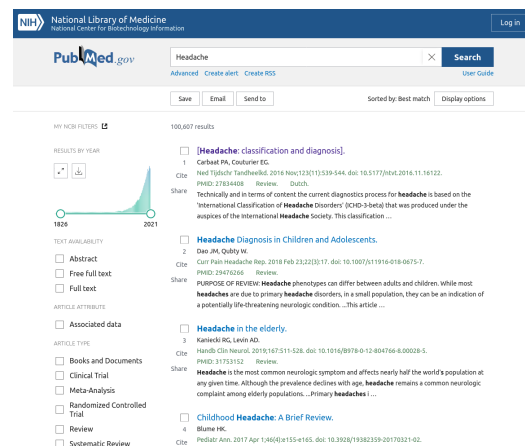
Al igual que en el caso anterior, el uso de recomendadores en el ámbito de la salud pasa desapercibido y es raro la vez que se destaque como solución final para la ayuda a los profesionales sanitarios.

A continuación destacamos los más conocidos en este ámbito:

- **Pubmed[7]:** Esta web Creada por el Centro Nacional de Biotecnología *National Center for Biotechnology Information (NCBI)* Permite hacer búsquedas por texto libre y permite realizar filtros por año, tipo de artículo y disponibilidad del texto. En el listado también se puede observar el estado de los artículos, si la publicación es definitiva o aun se esta revisando su contenido. El orden de los resultados es por aproximación al texto que se busque (mejor acierto), aunque permite modificar la ordenación por fecha del artículo, nombre de autor u origen del artículo. En las figuras 5.1a y 5.1b puede ver el aspecto de la pagina y los resultados de una búsqueda.



(a) Vista principal de Pubmed.



(b) Resultados de búsqueda de Pubmed.

Figura 5.1: Web de Pubmed.

● **ClinicalTrials[8]:** Esta web es una base de datos de estudios clínicos financiados con fondos públicos y privados realizados en todo el mundo. Permite realizar búsquedas y filtrados complejos de dolencias, mostrando los resultados en formato lista ordenados por fecha mas reciente, aunque el usuario puede elegir otras ordenaciones y filtrados. El listado también muestra el estado del documento (si ya esta finalizada la investigación o aun esta en proceso) y otra información relevante como el tratamiento que se esta aplicando. En las figuras 5.2 y 5.3 puede ver el aspecto de la pagina y los resultados de una búsqueda.

The screenshot shows the ClinicalTrials.gov Advanced Search interface. The search bar is empty. The filters are set to 'All Studies' for Study type and Study Results. The Status filter is set to 'Not yet recruiting'. The Expanded Access filter is set to 'Available'. The Eligibility Criteria filter is set to 'Child (birth-17)'.

Figura 5.2: Vista principal de ClinicalTrials.

The screenshot shows the ClinicalTrials.gov Search Results page for 'headache'. The page displays 1484 studies found for 'headache'. The table below shows the first five rows of results.

Row	Status	Study Title	Conditions	Interventions	Locations
1	Enrolling by invitation	Suboccipital Inhibition in Tension Headache	Tension Headache	Other: Suboccipital inhibition in tension headache	Cristina Blanco Ortega Lain, Spain
2	Unknown	Interventricular Fluid in Benign Headaches Trial	Headache	Drug: Normal Saline 0.9% Drug: Normal Saline 0.9% Drug: Prochlorperazine 0.15 mg/kg up to 10 mg IV Drug: Diphenhydramine 1 mg/kg up to 50 mg IV	University Medical Center of Southern Nevada Las Vegas, Nevada, United States
3	Completed	Dry Needling for Cervicogenic Headache	Headache Cervicogenic Headache	Procedure: Dry Needling Other: Upper extremity stretching program	Emory University Atlanta, Georgia, United States
4	Recruiting	Double-Blind Comparison of the Efficacy and Safety of C213 to Placebo for the Acute Treatment of Cluster Headaches	Cluster Headache	Drug: C213 Monoclonal System Drug: Placebo	Klinik Medicine of USC Los Angeles, California, United States Stanford University Palo Alto, California, United States California Medical Clinic for Headache Santa Monica, California, United States (and 9 more...)
5	Active, not recruiting	The Efficacy and Safety of Sphenopalatine Ganglion Pulsed Radiofrequency Treatment for Cluster Headache	Cluster Headache	Procedure: Pulsed Radiofrequency treatment Procedure: Nerve Block treatment	Beijing Tiantan Hospital Beijing, China Redondo Sanbo Brain Hospital

Figura 5.3: Resultados de búsqueda de ClinicalTrials.



● **MedlinePlus**[9]: Esta web creada por Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU. (NLM, por sus siglas en inglés), permite buscar artículos médicos basándose en texto relacionado. Por ejemplo si ponemos un tipo de dolencia en el buscador, este nos muestra artículos relacionados con ese texto como si de un buscador de Internet común se tratara, aunque a diferencia de estos, MedlinePlus promete brindar información de calidad y relevante de salud y bienestar que sea confiable y fácil de entender. Aparentemente este buscador muestra los resultados en orden de relevancia aunque, igual que en los casos anteriores, no permite valorar si esos artículos son realmente interesantes para la búsqueda relacionada. En las figuras 5.4a y 5.4b puede ver el aspecto de la página y los resultados de una búsqueda.



(a) Vista principal de MedlinePlus.



(b) Resultados de búsqueda de MedlinePlus.

Figura 5.4: Web de MedlinePlus.

## 5.2. Recomendadores en el futuro

Los recomendadores/clasificadores han ayudado mucho en la medicina, sobre todo en el ámbito de la investigación, en donde se requiere un trabajo previo para poder tener un conjunto de datos valido para el posterior estudio que se quiera realizar. En el caso que nos toca, ayudara a los profesionales sanitarios a poder encontrar otras referencias bibliográficas clínicas de otros casos similares al que tienen, para así poder valorar alternativas, cosa que sin estos recomendadores/clasificadores, seria un trabajo eterno de realizar, por no decir casi imposible, debido al gran volumen de información que cada día se genera. Estos algoritmos de recomendación/clasificación, no solo seguirán siendo un pilar básico en el ámbito medico, sino que seguramente aparecerán nuevos algoritmos de clasificación/recomendación que facilitaran las futuras investigaciones, como ya se esta observando en los nuevos recomendadores para el control de la glucosa en la sangre[10].

# Bibliografía

- [1] G. Adomavicius and A. Tuzhilin, “Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions.” <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1423975>, 04 2005.
- [2] V. M. and T. K., *History and Overview of the Recommender Systems*. Vishal Bhatnagar, IGI Global, 2017.
- [3] A. aron van den Oord, S. Dieleman, and B. Schrauwen, “Deep content-based music recommendation.” <http://papers.nips.cc/paper/5004-deep-content-based-music-recommendation.pdf>, 2013.
- [4] D. Chong, “Deep dive into netflix’s recommender system.” <https://towardsdatascience.com/deep-dive-into-netflixs-recommender-system-341806ae3b48>, 04 2020.
- [5] S. Bhoi, L. M. Li, and W. Hsu, “Premier: Personalized recommendation for medical prescriptions from electronic records.” <https://arxiv.org/abs/2008.13569>, 08 2020.
- [6] J. C. Clauser, J. Maas, J. Arens, T. Schmitz-Rode, U. Steinseifer, and B. Berkels, “Automation of hemocompatibility analysis using image segmentation and a random forest.” <https://arxiv.org/abs/2010.06245>, 10 2020.
- [7] “Pubmed website.” <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/advanced/>.
- [8] “Clinicaltrials website.” <https://clinicaltrials.gov>.
- [9] “Medlineplus website.” <https://medlineplus.gov>.
- [10] T. Yamagata, A. O’Kane, A. Ayobi, D. Katz, K. Stawarz, P. Marshall, P. Flach, and R. Santos-Rodríguez, “Model-based reinforcement learning for type 1diabetes blood glucose control.” <https://arxiv.org/abs/2010.06266>, 10 2020.