



---

# INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL APLICADA AL DIAGNÒSTIC PRECOÇ DEL MELANOMA

---

Treball de Recerca 2n de Batxillerat



Pseudònim: Freya

Cornellà de Llobregat, 1 de novembre de 2020

FOR  
CES

Foment de la Recerca en els Centres de Secundària

ice  
Institut de Ciències de l'Educació  
UNIVERSITAT DE BARCELONA

## RESUM

---

L'objectiu d'aquest treball de recerca és demostrar que les noves tecnologies i en concret la Intel·ligència artificial (IA), poden ser de gran utilitat per diagnosticar determinades malalties, com el melanoma o càncer de pell.

En primer lloc s'explicarà en què consisteix la intel·ligència artificial, amb un marc teòric que contempla la seva història, els diferents tipus d'IA existents i les seves branques, així com l'aplicabilitat d'aquestes tècniques per a l'anàlisi d'imatges i més concretament en medicina.

Posteriorment tractaré el marc teòric de la pell i les seves malalties, amb un ampli estudi sobre el càncer de pell, quins tipus n'hi ha, com es produeixen, la seva evolució, els mètodes de diagnosi i el tractament de la malaltia, arribant a la conclusió de que un diagnòstic precoç és fonamental per a la curació.

La part pràctica del projecte consisteix en el desenvolupament d'un programa informàtic, que a partir d'una imatge normal amb una càmera fotogràfica, sigui capaç de determinar si es tracta d'una pigmentació benigna o d'un melanoma maligne.

Com que jo no era experta en el tema he hagut d'aprendre a programar en Python, que és un llenguatge de programació específic per desenvolupar algoritmes de Intel·ligència Artificial, i he aconseguit una base de dades amb 200 imatges de malalties de la pell (benignes i malignes), que ha estat analitzada prèviament per especialistes mèdics classificant les característiques de cada una d'elles.

Amb aquesta informació i la utilització de Python he dissenyat i entrenat 12 mètodes diferents de classificació, que combinen xarxes neuronals, arbres de decisió i *random forest*, amb la selecció de les característiques generals de las imatges estudiades, el mètode ABCD (utilitzat pels especialistes mèdics en el diagnòstic), les característiques més importants i sense les característiques irrelevantes.

Aquests experiments m'han permès determinar quin és el mètode més precís per diagnosticar la malaltia, obtenint un resultat de diagnòstic correcte del 94%, superior a la mitjana obtinguda pels especialistes mèdics, que és del 86,6%.

Finalment he fet una prova amb una imatge presa amb el meu telèfon mòbil, que he introduït al sistema per a que sigui processada i m'ha retornat un resultat correcte.

Tot això ens fa arribar a la conclusió definitiva de que un sistema de IA correctament entrenat pot diagnosticar una malaltia de la pell amb més rapidesa i precisió que un metge especialista.

## RESUMEN

---

El objetivo de este trabajo de investigación es demostrar que las nuevas tecnologías y en concreto la Inteligencia artificial (IA), pueden ser de gran utilidad para diagnosticar determinadas enfermedades, como el melanoma o cáncer de piel.

En primer lugar se explicará en que consiste la inteligencia artificial, con un marco teórico que contempla su historia, los diferentes tipos de IA existentes y sus ramas, así como la aplicabilidad de estas técnicas para el análisis de imágenes y más concretamente en medicina.

Posteriormente trataré el marco teórico de la piel y sus enfermedades, con un amplio estudio sobre el cáncer de piel, qué tipos hay, cómo se producen, su evolución, los métodos de diagnóstico y el tratamiento de la enfermedad, llegando a la conclusión de que un diagnóstico precoz es fundamental para la curación.

La parte práctica del proyecto consiste en el desarrollo de un programa informático, que, a partir de una imagen normal hecha con cualquier cámara fotográfica, sea capaz de determinar si se trata de una pigmentación benigna o de un melanoma maligno.

Como yo no era experta en el tema he tenido que aprender a programar en Python, que es un lenguaje de programación específico para desarrollar algoritmos de Inteligencia Artificial, y he conseguido una base de datos con 200 imágenes de enfermedades de la piel (benignas y malignas), que ha sido analizada previamente por especialistas médicos clasificando las características de cada una de ellas.

Con esta información y la utilización de Python he diseñado y entrenado 12 métodos diferentes de clasificación, que combinan redes neuronales, árboles de decisión y random forest, con la selección de las características generales de las imágenes estudiadas, el método ABCD (utilizado por los especialistas médicos en el diagnóstico), las características más importantes y sin las características irrelevantes.

Estos experimentos me han permitido determinar cuál es el método más preciso para diagnosticar la enfermedad, obteniendo un resultado de diagnóstico correcto del 94%, superior a la media obtenida por los especialistas médicos, que es del 86,6%.

Finalmente he hecho una prueba con una imagen tomada con mi teléfono móvil, que he introducido en el sistema para que sea procesada, devolviéndome un resultado correcto.

Todo esto nos hace llegar a la conclusión definitiva de que un sistema de IA correctamente entrenado puede diagnosticar una enfermedad de la piel con más rapidez y precisión que un médico especialista.

## ABSTRACT

---

The objective of this research work is to demonstrate that new technologies, and specifically Artificial Intelligence (AI), can be very useful to diagnose certain diseases, such as melanoma or skin cancer.

First, it will be explained what artificial intelligence consists of, with a theoretical framework that contemplates its history, the different types of existing AI and their variants, as well as the applicability of these techniques for image analysis and more specifically in medicine.

Later we will address the theoretical framework of the skin and its diseases, with an extensive study on skin cancer, what types are there, how they are produced, their evolution, the diagnostic methods and the treatment of the disease, reaching the conclusion that an early diagnosis is essential for cure.

From here I have approached the practical part of the project which consists of the development of a computer program that, from a normal image made with any camera, is capable of determining whether it is a benign pigmentation or a melanoma evil one.

As I was not an expert on the subject, I had to learn to program in Python, which is a specific programming language for developing Artificial Intelligence algorithms, and I have obtained a database with 200 images of skin diseases (benign and malignant), which has been previously analyzed by medical specialists, classifying the characteristics of each of them.

With this information and the use of Python I have designed and trained 12 different classification methods, which combine neural networks, decision trees and random forests, with the selection of the general characteristics of the images studied, the ABCD method (used by specialists doctors in diagnosis), the most important features and without the irrelevant features.

These experiments have allowed me to determine which is the most accurate method to diagnose the disease, obtaining a correct diagnostic result of 94%, higher than the average obtained by medical specialists, which is 86.6%.

Finally, I have made a test with an image taken with my mobile phone, which I have entered in the system to be processed, returning a correct result.

All of this leads us to the definitive conclusion that a properly trained AI system can diagnose a skin disease more quickly and accurately than a medical specialist.

# Índex

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>9</b>
MOTIVACIÓ .....	10
<b>2. MARC TEÒRIC</b> .....	<b>10</b>
2.1. LA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL .....	10
2.1.1. HISTÒRIA .....	11
2.1.2. PRESENT I FUTUR.....	13
2.1.3. TIPUS .....	14
2.1.4. BRANQUES.....	16
DATA SCIENCE .....	16
MACHINE LEARNING .....	17
VISIÓ ARTIFICIAL.....	19
2.1.5. INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL I MEDICINA .....	20
APLICACIONS.....	20
APLICABILITAT EN L'ANÀLISI D'IMATGES.....	21
ANÀLISI D'IMATGES EN ONCOLOGIA.....	22
2.2 LA PELL I LES SEVES MALALTIES .....	23
2.2.1. LA PELL.....	23
2.2.2. NEVUS MELANOCÍTICS .....	25
RELACIÓ AMB EL CÀNCER.....	27
2.2.3. CÀNCER DE PELL.....	27
TIPUS DE CÀNCER DE PELL .....	27
ETAPES DEL MELANOMA .....	29
FACTORS DE RISC .....	30
SÍMPTOMES .....	32
TRACTAMENT .....	33
DIAGNÒSTIC PRECOÇ .....	33
<b>3. MARC PRÀCTIC</b> .....	<b>35</b>
3.1 INTRODUCCIÓ .....	35
3.2 HIPÒTESI	36
3.3 OBJECTIU	36
3.4 MATERIAL .....	36
3.5 METODOLOGIA.....	37
3.6 PROCEDIMENT DELS MODELS DE CLASSIFICACIÓ .....	38
3.6.1 XARXES NEURONALS .....	38
Procediment de les xarxes neuronals.....	39
3.6.2 ARBRES DE DECISIÓ .....	42
Procediment dels arbres de decisió:.....	43



3.6.3 'RANDOM FOREST' .....	46
Procediment del 'Random Forest' .....	47
.....	49
3.7 RESULTATS .....	49
3.8 EXPERIMENT AMB IMATGE REAL.....	50
3.9 DISCUSSIÓ .....	52
<b>4. CONCLUSIÓ .....</b>	<b>53</b>
<b>5. AGRAÏMENTS.....</b>	<b>54</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>

# 1. INTRODUCCIÓ

---

El meu projecte tractarà sobre com la intel·ligència artificial (IA) pot ajudar a que els dermatòlegs i oncòlegs donin una avaluació més veloç i amb menys esforç del melanoma o càncer de pell.

## **Quin problema s'ha detectat?**

El càncer de pell és una malaltia molt comuna que si es diagnostica a l'inici té moltes probabilitats de curar-se però si no es determina precoçment pot no tenir cura. Per aquest motiu fan falta mètodes que puguin avaluar les lesions de la pell amb molta precisió i ràpidament.

## **En que consisteix el projecte?**

El projecte consisteix en l'estudi del càncer de pell i el mètode de diagnòstic, dels diversos sistemes de intel·ligència artificial que es poden utilitzar per fer-ho de forma més eficient, i finalment la implementació d'un software que mitjançant la IA és capaç de diagnosticar la malaltia sense la intervenció humana, amb garanties i basat en estudis realitzats per especialistes.

## **Com ho he fet?**

Primer he analitzat les característiques que determinen com és un melanoma, després he buscat una base de dades amb 200 registres de lesions de la pell prèviament estudiades per especialistes. A partir d'aquí he dissenyat el codi de programació en Python, aplicant 12 models diferents de classificació i he fet proves amb tots ells, utilitzant la informació de la base de dades, per determinar quin és el més adient. Finalment he triat el millor i l'he comprovat amb imatges reals.

## Té aplicabilitat en un futur?

La intel·ligència artificial tindrà molta aplicabilitat en un futur tant a la indústria com a la medicina, perquè si ensenyem a un robot a identificar determinats paràmetres, ho podria fer de forma més ràpida i precisa que una persona.

## MOTIVACIÓ

He pensat en un treball que pugui tenir relació amb els estudis universitaris que voldria realitzar després del batxillerat (Enginyeria biomèdica) que és una combinació de medicina i noves tecnologies aplicables a la medicina. Per una altra banda, el càncer és una de les malalties més agressives i en concret el de pell, que està provocat sovint per les radiacions solars i pot afectar a qualsevol persona.

## 2. MARC TEÒRIC

---

### 2.1. LA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL

La intel·ligència artificial (IA) és la branca de la informàtica que té com a objectiu que les màquines simulin processos d'intel·ligència humana, com poden ser tasques cognitives com l'aprenentatge, el raonament i l'autocorrecció.

La intel·ligència artificial engloba diversos camps d'estudi: les matemàtiques, la robòtica, la filosofia, la lingüística, l'enginyeria computacional i la psicologia.

Dos informàtics caracteritzats per la seva aportació al camp de la IA, van diferenciar-ne quatre tipus: (Norvig & Russell, 2009)

- sistemes que raonen com els humans, com per exemple les xarxes neuronals artificials.
- sistemes que actuen com humans, com els robots.
- sistemes que utilitzen la lògica racional, com els sistemes experts.
- sistemes que actuen racionalment, com els agents intel·ligents.

Quatre definicions de quatre informàtics:

- "L'esforç per fer a les computadores pensar... màquines amb ments en el sentit ampli i literal " (Haugeland J. , 1985)
- "L'estudi de les facultats mentals a través de l'estudi de models computacionals" (Charniak & McDermott, 1985)
- "Un camp d'estudi que busca explicar i emular el comportament intel·ligent en termes de processos computacionals" (Schalkoff, 1990)
- "L'estudi de com fer ordinadors que facin coses que, de moment, la gent fa millor" (Rich & Knight, 1991)

### 2.1.1. HISTÒRIA

Aristòtil (384-322 aC) va ser el primer a exposar un conjunt de regles que descriuen una part del funcionament de la ment per obtenir conclusions racionals. Des dels temps de Leonardo da Vinci els savis han intentat construir màquines que es comportin com humans.

Alan Turing (1912-1954), el matemàtic britànic que va desxifrar la màquina Nazi "enigma", va proposar un mètode per saber si les màquines poden pensar anomenat "Test de Turing". Aquest test consistia en què un humà es relacionés amb una màquina sense saber-ho i no fos capaç de distingir que aquesta no era un humà. Alan Turing va afirmar que "Un ordinador pot ser anomenat intel·ligent si aconsegueix enganyar a una persona fent-li creure que és un humà".

La Conferència de Dartmouth (1956), organitzada per Marvin Minsky, John McCarthy i Claude Shanon. Va ser una reunió de diversos experts en IA, que en aquell temps era un camp nou. Es va discutir sobre la lògica, basada en les lleis del pensament racional. Per primera vegada va aparèixer l'expressió "Intel·ligència Artificial" i van preveure que en pocs anys els ordinadors farien tot el treball dels homes.



Il·lustració 1 Fotografia dels participants a la conferència de Dartmouth

1

A finals de la dècada dels 50' i principis dels 60' Robert K. Lindsay desenvolupa «Sad Sam», un programa que va apropar la IA als ciutadans. Era un programa per a la lectura d'oracions en anglès i la deducció de conclusions a partir de la seva interpretació.

Des dels anys 60' fins als 90' no va haver major repercussió a excepció d'alguns desenvolupaments de projectes com: Bertrand Raphael (1964) construeix el sistema SIR (Semantic Information Retrieval) que fa deduccions a partir d'informació subministrada, Terry Winograd (1968-1970) va desenvolupar el sistema SHRDLU que permetia interrogar i donar ordres a un robot, Alain Colmenauer i el seu equip de recerca a la Universitat d'Aix-Marseille (1973) creen PROLOG un llenguatge de programació àmpliament utilitzat en IA, McClelland i Rumelhart (1986) publiquen Parallel Distributed Processing (Xarxes Neuronals)...

La intel·ligència artificial es va consagrar l'any 1997, quan IBM va demostrar que un sistema informàtic anomenat "Deep Blue" era capaç de vèncer als escacs al campió del món Gari Kaspàrov. Aquest esdeveniment va servir de base perquè la indústria tecnològica i la societat tingués consciència de la rellevància i les possibilitats de la IA.

---

<sup>1</sup> Font: Wikipedia

L'any 2009 es van desenvolupar sistemes mitjançant IA que permetien detectar emocions per poder interactuar amb nens autistes. Dos anys després IBM va desenvolupar un superordinador anomenat Watson que va guanyar el popular concurs televisiu Jeopardy! front als màxims campions del programa. Watson va haver de ser capaç d'entendre les preguntes i les respostes que donava, també va haver de realitzar jugades intel·ligents per escollir categories. Aquest mateix any es comencen a llençar assistents virtuals com: Siri, Google Now i Cortana, a l'abast dels ciutadans.

### 2.1.2. PRESENT I FUTUR

En l'actualitat la intel·ligència artificial ja forma part de la nostra rutina diària, per exemple, empreses de xarxes socials com Google, Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Reddit, TikTok..., utilitzen la IA per donar una millor experiència als usuaris, però també la utilitzen per predir les nostres accions, amb tres objectius: l'“engagement”, que augmentis el seu ús; el creixement, que convidis a altres persones a utilitzar-ho; la publicitat, mitjançant anuncis assegurar-se de guanyar el màxim benefici. Netflix també utilitza intel·ligència artificial per recomanar o incitar-te a veure sèries o pel·lícules, però també el banc que t'assigna una targeta de crèdit de forma immediata utilitza aquesta tecnologia.

A curt termini, la intel·ligència artificial marcarà el final dels treballs repetitius i estarà present en totes les empreses. Aquesta tecnologia marcarà un canvi en la societat, ja que les persones no hauran d'aprendre a fer tasques repetitives sinó que hauran d'aprendre a pensar i ser més creatius i innovadors. En resum, la tecnologia serà un component vital en les nostres vides, per facilitar-la.



II-lustració 2 Gràfics sobre la IA a les empreses

La tecnologia està avançant d'una manera exponencial però no està fent res més que seguir les demandes del consumidor i de l'usuari. Per aquest motiu és imprevisible com serà el futur de la IA a llarg termini. La teoria de Hanoi Morillo, experta en intel·ligència artificial de Google, és: “El telèfon mòbil serà una cosa totalment diferent, els ordinadors seran totalment diferents, és a dir, l'aspecte físic serà totalment diferent. Però a la fi, el que crec és que la tecnologia serà una cosa omnipresent però, al mateix temps, no serà visible.” (Morillo, 2018)

### 2.1.3. TIPUS

Arend Hintze, professor ajudant de Biologia Integrativa i Informàtica i Enginyeria, de la Michigan State University, va establir quatre tipus d'IA segons el seu nivell de complexitat: màquines recreatives, les màquines de memòria limitada, màquines amb teoria de la ment i les màquines amb autoconsciència. (Hintze, 2016)

- Màquines recreatives:

Són màquines que no tenen memòria i no poden emmagatzemar records per poder prendre decisions actuals, aquestes màquines perceben el món directament i actuen sobre el que veuen. S'anomenen així perquè només tenen finalitat recreativa.

<sup>2</sup> Font: Conferència 'El País por tu futuro' d'Amparo Alonso

Per exemple "Deep Blue", la supercomputadora creada per IBM als anys 90' per jugar als escacs pot identificar les peces en un tauler d'escacs, saber els moviments de cada peça, pot realitzar prediccions sobre els moviments del contrincant i triar el millor de totes les possibilitats. Però no posseeix records del que ha succeït abans. A part d'una regla d'escacs, Deep Blue ignora tot abans del moment present.

- Màquines de memòria limitada:

Aquest tipus de màquines a diferència de les recreatives sí que poden tenir consciència del passat a més de poder relacionar-se amb l'entorn.

Els vehicles autònoms estarien dins d'aquest tipus, aquests automòbils observen la velocitat i direcció d'altres vehicles, poden identificar objectes específics com: marques de carril, semàfors i altres elements importants, com corbes a la carretera. També estan programats per decidir en quin moment canviar de carril per evitar interrompre a un altre conductor o ser envestit per un automòbil proper.

- Màquines amb teoria de la ment:

Són màquines més avançades que poden formar representacions sobre el món, també sobre altres agents o entitats.

En psicologia s'anomena 'teoria de la ment' a la comprensió que les persones, les criatures poden tenir pensaments i emocions que afecten el seu propi comportament.

Un exemple de màquines amb la teoria de la ment són les que es van crear en 2009 per interactuar amb nens autistes comprenent els seus sentiments.

- Màquines amb autoconsciència:

Aquest tipus de màquines utilitzen la IA per construir sistemes que poden formar representacions sobre si mateixos.

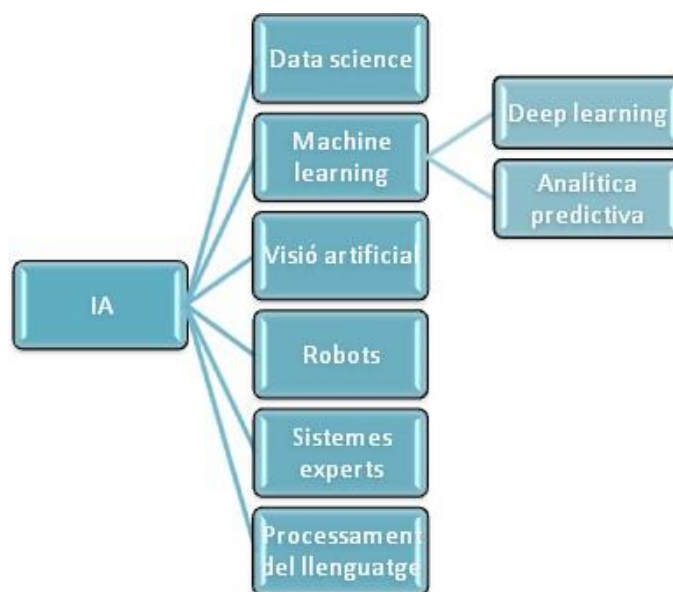


Estem lluny de crear màquines que siguin conscients de si mateixes. No obstant això, els investigadors s'enfoquen cap a la comprensió de la memòria, l'aprenentatge i la capacitat de basar les decisions en experiències passades de les màquines.

#### 2.1.4. BRANQUES

Les branques més importants de la intel·ligència artificial són:

II-Iustració 3 Les branques de la IA



3

A continuació explicaré les tres més importants pel desenvolupament del meu projecte:

#### DATA SCIENCE

És la ciència que estudia les dades, s'encarrega d'extreure informació de grans quantitats de dades. El Data Science és un camp que involucra tant diferents disciplines com mètodes científics, processos i sistemes. S'utilitza principalment en camps d'anàlisi de dades com l'estadística, la mineria de dades, el Deep Learning i l'analítica predictiva.

---

<sup>3</sup> Font: pròpia

## MACHINE LEARNING

El Machine Learning o aprenentatge automàtic és una branca de la intel·ligència artificial, té com a objectiu desenvolupar tècniques que permetin que els ordinadors aprenguin sense ser programats explícitament.

L'aprenentatge automàtic s'utilitza en diferents camps i té moltes aplicacions com: motors de cerca, diagnòstics mèdics, detecció de frau en l'ús de targetes de crèdit, anàlisi de mercat de valors, classificació de seqüències d'ADN, reconeixement de la parla i del llenguatge escrit, jocs i robòtica.

Hi ha diferents tipus d'algoritmes de Machine Learning classificats principalment en dos grups: els mètodes d'intel·ligència artificial tradicionals i el Deep Learning. **MÈTODES D'INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL TRADICIONALS:** Es basen en algoritmes amb dades "etiquetades" extretes de regions d'interès sobre la base de dades (labeled data). La finalitat és que, donades les variables d'entrada (input data), les assigni l'etiqueta de sortida adequada. Per ensenyar a la màquina es requereix una persona que faci de guia, aquesta persona ha de saber els possibles resultats, i que les dades utilitzades per estrenar l'algoritme estiguin etiquetades amb la resposta correcta.

Aquest tipus d'aprenentatge s'utilitza en problemes de classificació com la identificació de dígit, diagnòstics mèdics o la detecció de frau d'identitat. També en problemes de regressió com les prediccions meteorològiques, d'expectativa de vida, de creixement, etc.

**DEEP LEARNING:** L'aprenentatge profund és un conjunt d'aprenentatges automàtics que es basen en l'estructura de la xarxa neuronal del cervell humà, utilitzant una xarxa neuronal artificial que es compon d'un nombre de nivells jeràrquics.

Si bé els primers mètodes d'IA tenien un resultat poc satisfactori, els algoritmes recents d'aprenentatge profund són capaços de fer coincidir, i fins i tot superar

als humans en aplicacions específiques. Això es deu als recents avenços de la investigació d'IA, les massives quantitats de dades digitals disponibles ara per entrenar algoritmes i un maquinari computacional potent i modern.

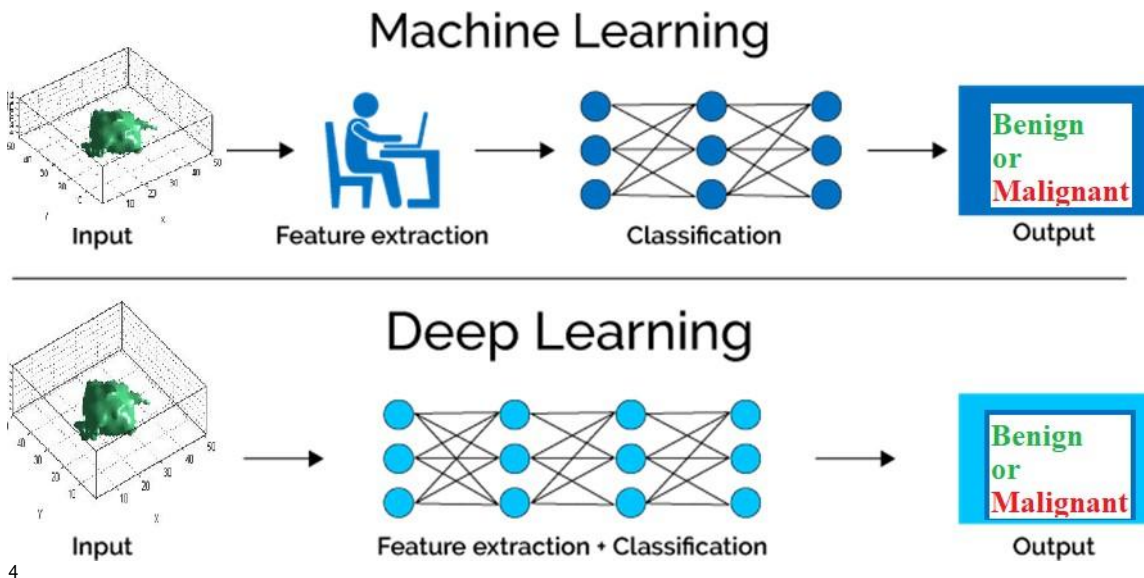
L'algoritme classifica les dades i troba relacions entre elles, amb aquestes dades obtingudes, sense intervenció humana, pot aplicar els coneixements obtinguts a altres conjunts de dades. Donant-los una capacitat de resolució de problemes superior.

Si bé s'han explorat diverses arquitectures de "deep learning" per abordar diferents tasques, les xarxes neuronals convolucionals (CNNs) són les tipologies de "deep learning" més prevalents en la imatge mèdica actualment. Una CNNs en el nivell inicial de la jerarquia aprèn alguna informació simple sobre alguna característica i després envia aquesta informació al següent nivell. El següent nivell pren aquesta informació senzilla, la combina, i crea informació de característiques més complexes, i l'hi passa al tercer nivell, i així successivament.

A partir d'una imatge d'entrada, les "capes ocultes" dins de les CNNs generalment inclouen una sèrie d'operacions de convolució, d'extracció de mapes de funcions i d'agregació de característiques, seguit de capes connectades que proporcionen raonaments d'alt nivell abans que una capa de sortida produeixi prediccions. Les CNNs sovint s'entrenen amb dades etiquetades per a l'aprenentatge supervisat.

Diferents companyies estan aplicant Deep Learning per realitzar: utilització d'imatges en lloc de paraules clau per buscar productes en un cercador, identificar marques i logotips d'empreses en fotografies publicades en xarxes socials, monitoratge en temps real de reaccions en canals online durant el llançament de productes, orientació d'anuncis i predicció de les preferències dels clients, identificació de clients potencials, detecció de frauds i gestió de relacions amb els clients, millor comprensió de malalties, mutacions de malalties i teràpies genètiques, anàlisi d'imatges mèdiques, com radiografies i ressonàncies magnètiques, augmentar la precisió diagnòstica, en un menor temps i amb un

menor cost que els mètodes tradicionals, exploració de la possibilitat de reutilització de fàrmacs ja coneguts i provats per al seu ús contra noves malalties, localització de cares i identificació d'emocions facials, reconeixement de veu... (Hosny, Parmar, Quackenbush, Schwartz, & Aerts, 2008)



II-lustració 4 Diferències entre machine learning i deep learning

## VISIÓ ARTIFICIAL

És una disciplina científica que inclou mètodes per adquirir, processar, analitzar i comprendre les imatges del món real amb la finalitat de produir informació numèrica o simbòlica perquè puguin ser tractats per un ordinador.

La visió 3D és un tipus de visió artificial, la seva finalitat és la construcció d'imatges 3D a partir d'imatges 2D mitjançant diversos processos amb l'objectiu de millorar la qualitat de la imatge per a la seva interpretació o processar les dades de l'escena per a què les màquines ho percebin de manera automàtica.

<sup>4</sup> Font: Jigsaw Academy

Les aplicacions són nombroses, en el camp de l'automoció per exemple, Google self-Driving car utilitza la detecció d'objectes, juntament amb radars i sensors per a conduir per la via pública d'una manera autònoma.

#### 2.1.5. INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL I MEDICINA

La intel·ligència artificial és una tecnologia que està revolucionant nombrosos camps, però hi ha un camp en el que destaca sobre els altres gràcies a les noves possibilitats que està obrint: la medicina.

Les noves aplicacions de la IA a la medicina s'estan utilitzant per ajudar als metges a donar millors diagnòstics, més ràpidament i tractaments personalitzats. Però la intel·ligència artificial no substituirà als metges, serà un aliat.

#### APLICACIONS

Els avenços tecnològics derivats de la intel·ligència artificial es poden desenvolupar en nombrosos camps com: el descobriment de medicaments, el monitoratge remot de pacients, el diagnòstic mèdic i per imatges, la gestió de riscos, dispositius que monitoritzen la teva activitat diària, els assistents virtuals i la gestió hospitalària.

Els metges controlen una gran abundància de dades, la IA serà útil per a processar-les i per facilitar la seva decisió diagnòstica i terapèutica, ajudant en la presa de decisions. Pel que fa a la decisió terapèutica, farmacogenòmica i nutrigenòmica, les eines d'IA facilitaran trobar el tractament farmacològic o la dieta adequada.

Els camps mèdics que es basen en dades d'imatges, com radiologia, patologia, dermatologia i oftalmologia, ja han començat a beneficiar-se de la implementació dels mètodes d'IA, ja que la IA és capaç de llegir molt millor que nosaltres una retinografia (anàlisi de lesions a la retina, nombre de micro aneurismes, mida dels microvasos...), un ecocardiograma, una tomografia computada o TAC, una ressonància o una simple radiografia. Mitjançant el "Deep learning" es poden

quantificar característiques radiogràfiques específiques, com la forma 3D d'un tumor o la textura intratumoral i la distribució de les intensitats de píxels, anomenat histograma.

Analitzar les dades òmiques (metaboloma, proteïnoma, genoma, epigenoma, transcriptoma...) és impossible sense l'ajuda de la bioinformàtica, que ens pot informar sobre quins seran els camins

afectats, quins són els nodes crítics. (Hosny, Parmar, Quackenbush, Schwartz, & Aerts, 2008)



Il·lustració 5 Robot d'assistència mèdica Toyota HSR

Un camp més complex on podria actuar la IA és la pràctica clínica, on robots a part de fer el diagnòstic clínic també actuen. Alguns robots de suport, en funció de com està el

malalt o del que expressa el pacient, poden actuar. Els professionals que treballen a la cronicitat, especialment a domicili, veuen la intel·ligència artificial com una aplicació de gran interès.<sup>5</sup>

## APLICABILITAT EN L'ANÀLISI D'IMATGES

La IA aporta a la radiologia eficàcia i eficiència en el diagnòstic. Segons estudis, (McDonald, 2015) un radiòleg pot interpretar una imatge cada 3 o 4 segons i cometre errors en el diagnòstic dels seus pacients. La taxa de diagnòstics incorrectes en la pràctica clínica s'ha estimat en 150 de cada 1000 pacients (Reed, 2011). En canvi l'IA pot incrementar l'eficiència i reduir els errors.

L'IA destaca en el reconeixement de patrons complexos en les dades d'imatges i pot proporcionar una avaluació quantitativa de manera automatitzada, mitjançant aquest mètode es poden realitzar avaluacions radiològiques més precises i reproduïbles quan IA s'integri en el flux de treball clínic com una eina per ajudar els metges.

---

<sup>5</sup> Font: 123rf.com

Les dades d'imatge es recopilen durant la pràctica clínica de rutina, aquestes dades són un recurs increïblement ric per a un descobriment científic i mèdic.

"Radiomics" és un camp d'estudi de dades que investiga la rellevància clínica de les característiques del teixit radiogràfic, quantificat automàticament a partir d'imatges mèdiques que poden descriure aspectes radiogràfics de forma, intensitat i textura.

El projecte iFIND, desenvolupat pel laboratori Biomedica de l'Imperial College a Londres, analitza imatges fetals, estudia cada part del fetus aplicant intel·ligència artificial a través d'algoritmes de deep learning, per detectar i atendre possibles anomalies. En aquest procés intervenen sistemes de ressonància magnètica en 3D del cervell fetal i una avaluació automatitzada i precisa dels ultrasons realitzats. Així, es genera un diagnòstic automàtic i amb alt nivell de fiabilitat. (Ramoneda, 2019)

A l'Oncologia, s'han implementat amb èxit eines de "radiomics" per ajudar a la presa de decisions clíniques relacionades amb el diagnòstic i el risc de metàstasi de diferents càncers.

Aquests descobriments han motivat una exploració de la utilitat clínica de Biomarcadors generats per IA per donar suport als radiòlegs en el diagnòstic de malalties, l'optimització de qualitat d'imatge, la visualització de dades, l'avaluació de resposta i la generació d'informes.

## ANÀLISI D'IMATGES EN ONCOLOGIA

Els sectors de la radiologia que pertanyen a l'oncologia on s'està implementant la IA són: la detecció, la caracterització i el monitoratge dels canvis.

Els tipus d'imatges on s'està aplicant aquest tipus d'anàlisi són: les fotografies toràciques, abdominals i pèlviques, les colonoscòpies, les mamografies... L'IA pot ajudar a detectar els nòduls, lesions, tumors o microcalcificacions automàticament i identificar si són benignes o malignes.

Recentment Aaron Babier, investigador de la Universitat de Toronto, ha creat un programa capaç de dissenyar tractaments personalitzats contra el càncer. Un tractament generat per intel·ligència artificial pot tenir molts avantatges, un especialista de física mèdica triga hores o dies a idear un pla de radioteràpia per a un pacient amb càncer, un ordinador pot fer-ho en minuts, prèviament entrenat amb imatges i resultats de casos històrics. Un altre programa informàtic creat per la Universitat de Califòrnia va crear plans complets de radioteràpia que van resultar ser millors que els recomanats per especialistes en un 83% dels casos. (Martín, 2018)

En dermatologia l'IA pot diagnosticar càncer de pell ajudant als dermatòlegs a inspeccionar les àrees sospitoses. El “deep learning” permet detectar característiques que un humà no pot veure segons la forma i textura de la lesió.

En patologia és molt important la utilització de l'IA en les biòpsies per diagnosticar molts tipus de càncers, utilitzant la gran varietat de maquinària per imatges, preparació de diapositives, ampliació i tècniques de distinció.

En la seqüenciació de l'ADN i ARN és molt important l'IA per poder utilitzar els “genomic end points” en el diagnòstic del càncer. També per poder relacionar les mutacions de l'ADN amb cada tipus de càncer. (Hosny, Parmar, Quackenbush, Schwartz, & Aerts, 2008)

## 2.2 LA PELL I LES SEVES MALALTIES

### 2.2.1. LA PELL

La pell és la nostra coberta externa i la seva funció bàsica és separar l'organisme de l'entorn. Té dues capes: l'epidermis i la dermis.

L'epidermis es caracteritza per tenir diverses capes de cèl·lules, aquestes cobreixen la totalitat de la superfície corporal. És la capa de la pell amb major



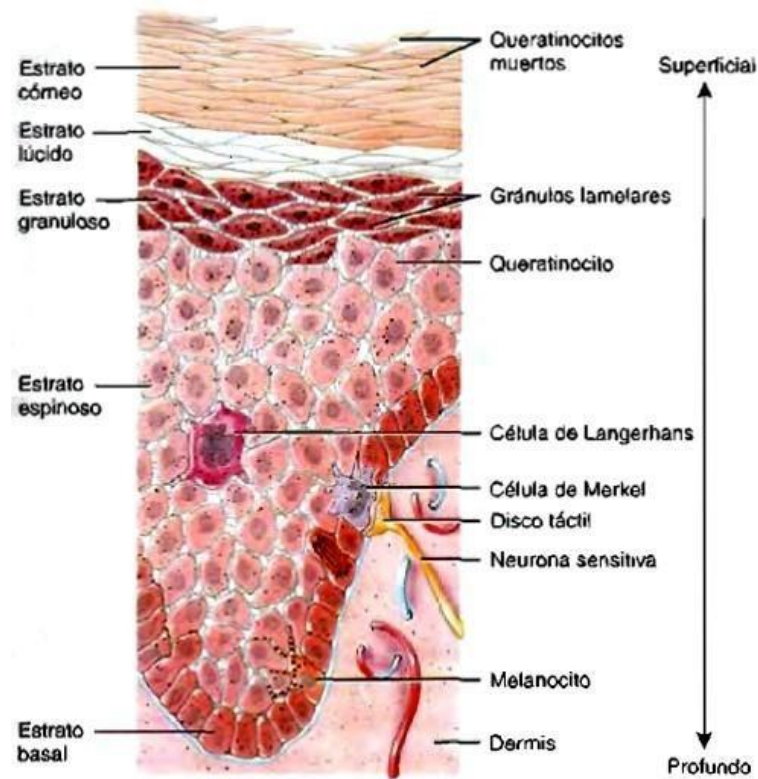
nombre de cèl·lules i amb una dinàmica de recanvi molt gran. Les cèl·lules creixen des de l'interior (capa basal), fins l'exterior (capes còrnies).

La dermis dóna estructura de suport a la pell i li proporciona resistència i elasticitat. Està formada bàsicament de teixit fibroelàstic, amb un alt percentatge de col·lagen.

Les funcions de la pell són:

- Protegir contra agressions mecàniques, químiques o tòxiques i contra microorganismes patògens.
- Protegir de la penetració dels rajos ultraviolats, gràcies a la melanina i a la queratina, que impedeixen exercir la seva acció nociva sobre el nucli de la cèl·lula.
- Termoreguladora: protecció de la calor i de fred, i manteniment de la temperatura corporal.
- Intervé en el metabolisme d'importants molècules, entre elles, la síntesi de la Vitamina D.
- Balanç hidro-electrolític: manté l'equilibri de fluids corporals, a l'actuar com a barrera davant la possible pèrdua d'aigua.
- Sensorial: transmet mitjançant receptors i terminacions nervioses el tacte, la pressió, la temperatura i el dolor.

- Emocional: exterioritzem el nostre estat emocional per la pell: ens ruboritzem, ens posem pàl·lids, el nostre pèl s'estarrufa i fem olor (feromones).<sup>6</sup>



Il·lustració 6 Les cèl·lules de la pell

### 2.2.2. NEVUS MELANOCÍTICS

Els nevus melanocítics o pigues són lesions pigmentades benignes molt freqüents en la població de pell clara. Són tumors benignes derivats dels melanòcits, les cèl·lules responsables de la pigmentació normal de la pell. Aquestes lesions es deuen a factors genètics i ambientals com el grau d'exposició solar a què ha estat exposada la pell.

<sup>6</sup> Font: ulceras.net

Hi ha tres tipus de nevus melanocítics:

- Nevus melanocítics congènits: Apareixen des del naixement fins el primer any de vida. Poden ser de mida molt variable i oscil·len entre pocs mil·límetres fins a ocupar una gran part de la superfície corporal.<sup>7</sup>



Il·lustració 7 Nevus melanocític congènit

- Nevus melanocítics adquirits: Aquestes lesions apareixen al llarg de la vida, solen ser més abundants a les zones exposades al sol ja que apareixen induïts per la radiació ultraviolada. Habitualment tenen característiques clíniques típiques, són simètriques, ben delimitades, de coloració regular..., poden ser planes o palpables.<sup>8</sup>

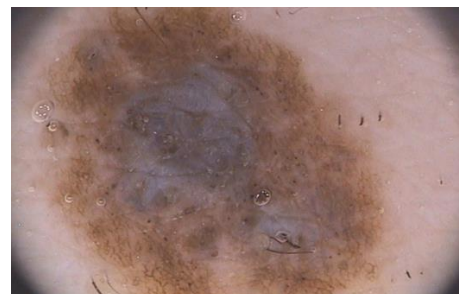


Il·lustració 8 Nevus melanocític adquirit

- Nevus atípics: Són pigues amb característiques clíniques poc convencionals com els melanomes, però histològicament corresponen a una lesió benigna. Poden tenir vores irregulars, ser asimètrics... Apareixen sobretot en pells més predisposades a tenir aquest tipus de nevus. (Society, cancer.org, 2020)<sup>9 10</sup>



Il·lustració 9 Dysplastic nevus



Il·lustració 10 Intradermal nevus

<sup>7</sup> Font: ELSEVIER

<sup>8</sup> Font: udl.es

<sup>9</sup> Font: fc.up.pt.html

<sup>10</sup> Font: fc.up.pt.html

## RELACIÓ AMB EL CÀNCER

Els nevus melanocítics adquirits poden ser lesions precursoras de melanomes malignes o poden ser marcadors de risc per al desenvolupament de melanomes.

La probabilitat de que un nevu melanocítics adquirit sigui el precursor d'un melanoma s'estima en 1/100.000 nevus, especialment succeeix en els nevus melanocítics gegants. D'altra banda, la presència de múltiples nevus melanocítics, més de 50, sembla que incrementa el risc de patir un melanoma, especialment si existeixen antecedents familiars de melanoma maligne. (Cavallé & Foraster, 2020)

### 2.2.3. CÀNCER DE PELL

El càncer de pell és el creixement anormal de les cèl·lules de la pell donant lloc a tumors malignes. La majoria d'aquest tipus de càncers es deuen a la repetida exposició de la pell als raigs ultraviolats.

#### TIPUS DE CÀNCER DE PELL

- Carcinoma basocel·lular: comença a les cèl·lules basals, són un tipus de cèl·lules que es troben a la pell i que produeix cèl·lules cutànies noves a mesura que les velles moren. El carcinoma basocel·lular sol tenir forma d'un bony lleugerament transparent a la pell, encara que pot tenir altres



Il·lustració 11 Carcinoma basocel·lular

formes. Aquest tipus de càncer de pell apareix amb major freqüència en zones de la pell que estan exposades a el sol, com el cap i el coll. El càncer de cèl·lules basals poques vegades es propaga. <sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Font: msdmanuals.com

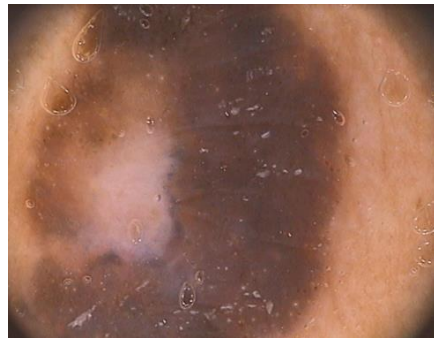
- Carcinoma de cèl·lules escamoses: són berrugues obertes amb vores en relleu i una superfície crostosa amb aspectes rugosos, escamosos, gruixuts que poden arribar a sagnar si es rasquen, esgarrapen o reben un cop. Apareixen arreu de el cos, encara que solen donar-se en àrees que



Il·lustració 12 Carcinoma de cèl·lules escamoses

están exposades a la llum ultraviolada del sol, com per exemple en vores de les orelles, llavi inferior, rostre, cuir cabellut, coll i mans.<sup>12</sup> Les persones de pell clara, cabell clar i ulls blaus o grisos són persones de risc.

- Melanomes malignes: són tumors melànics o pigmentats que s'originen a partir dels melanocits. Aquest tipus de càncer de pell té capacitat d'envair els teixits sans del voltant i d'arribar a òrgans allunyats. La majoria dels melanomes s'originen a la pell, però també poden aparèixer en altres superfícies del cos



Il·lustració 13 Melanoma

com a les mucoses. Quan el melanoma comença a la pell, la malaltia es denomina melanoma cutani, hi ha quatre tipus: 13 melanoma d'extensió superficial, que apareix en persones de raça blanca; lentigen maligne melanoma, que apareix en persones d'edat avançada en zones exposades al sol; melanoma lentiginós acro, és el menys comú i apareix a les mans i als peus, i el melanoma nodular, que és el més freqüent i agressiu.

<sup>12</sup> Font: cancerdepiel.com

<sup>13</sup> Font: fc.up.pt.html

## ETAPES DEL MELANOMA

El sistema de detecció d'etapa que s'empra amb més freqüència pel melanoma és el sistema TNM de l'American Joint Committee on Cancer (AJCC), es basa en l'estudi de l'extensió del tumor, de la propagació als ganglis i de la metàstasi.

Hi ha 5 etapes:

Etapa 0: El melanoma és in situ, és a dir afecta l'epidermis, però no s'ha propagat a la dermis, la capa inferior.

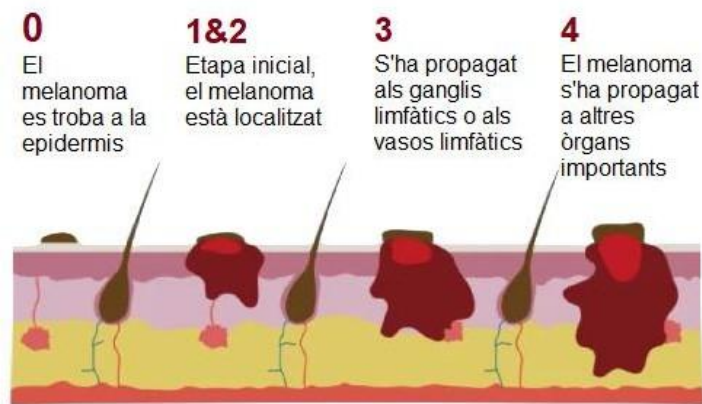
Etapa I: El gruix del melanoma mesura menys de 1 mm. Pot tenir ulceració o un índex mitòtic de com a mínim 1 / mm<sup>2</sup>.

Etapa II: El gruix del melanoma mesura entre 1 i 4 mm. Pot tenir ulceració però no s'ha propagat a ganglis limfàtics ni a òrgans distants.

Etapa III: El melanoma pot ser de qualsevol gruix i pot estar ulcerat. S'ha propagat a més d'un gangli limfàtic proper, a ganglis limfàtics adjacents que estan agrupats, o s'ha propagat a la pell propera. Els ganglis estan més grans a causa del melanoma. No hi ha propagació distant.

Etapa IV: El melanoma s'ha propagat més enllà de l'àrea original de la pell i dels ganglis limfàtics propers cap a altres òrgans com els pulmons, el fetge o el cervell, o a àrees distants de la pell, teixit subcutani o als ganglis limfàtics distants. El melanoma serà gruixut i s'haurà propagat als ganglis limfàtics. (Society, cancer.org, 2020)

## 5 ETAPES DEL MELANOMA



Il·lustració 14 Etapes del melanoma

### FACTORS DE RISC

Hi ha diversos factors de risc que poden fer que una persona tingui més probabilitats de patir melanoma.

L' exposició a la llum solar és el factor de risc principal per a la majoria dels melanomes perquè el Sol és la font principal de la radiació ultraviolada, les cambres bronzejadores també són fonts de radiació ultraviolada. Els raigs UV danyen l'ADN del nucli de les cèl·lules de la pell. Els càncers de pell poden començar quan aquest dany afecta l'ADN dels gens que controlen el creixement de les cèl·lules de la pell.

El risc de patir melanoma és major en les persones de fototip I i II, aquestes persones tenen la pell clara amb el cabell ros o pèl-roig, també tenen els ulls blaus o verds, normalment es cremen o s'omplen de pigues amb facilitat.

El risc de patir aquesta malaltia és més gran si un parent proper (mare, pare, germà o fill) pateix melanoma. Aproximadament el 10% de totes les persones amb melanoma tenen antecedents en la família.

<sup>14</sup> Font: elhexagono.wordpress.com



El melanoma és més freqüent en adults entre els 30 i els 60 anys, amb una mitjana de 50 anys. Encara que és un dels càncers més comuns en les persones joves sobretot si tenen antecedents familiars.

No hi ha predilecció per sexe, però la localització sol ser diferent: en les dones joves predomina en la part inferior del cos i en els homes en la part superior. Les localitzacions poden tenir relació amb les àrees de pell exposades al Sol, segons la moda de vestir.

El sistema immunitari d'una persona ajuda a combatre el càncer de pell. Les persones amb SIDA o les persones que han de prendre medicaments immunodepressors tenen major risc de patir melanoma.

Hi ha malalties de la pell que es consideren precanceroses, aquestes són: el xeroderma pigmentosum, la epidermodisplasia verruciforme i l'albinisme. La infecció pel virus del papil·loma pot augmentar la probabilitat de tenir càncer en aquests casos.

A nivell molecular, els canvis genètics relacionats amb el melanoma s'adquireixen durant la vida d'una persona. Normalment les mutacions es produeixen com a resultat de l'exposició a una causa externa, com els rajos UV. En alguns casos, aquestes mutacions adquirides semblen ocórrer aleatòriament dins d'una cèl·lula, sense tenir una causa clara.

La mutació més comuna en les cèl·lules del melanoma passa a l'oncogen BRAF, que es troba en aproximadament la meitat de tots els melanomes. Altres gens que poden afectar-se en el melanoma inclouen NRAS, CDKN2A i NF1.

Els melanomes hereditaris més freqüents s'originen per canvis en gens supressors de tumors, tal com CDKN2A o CDK4, aquests gens controlen el creixement cel·lular.



Alguns dels canvis genètics que s'han trobat en les cèl·lules del melanoma s'han utilitzat per ser el blanc de medicaments dirigits a tractar aquesta malaltia. Per exemple, diversos medicaments es dirigeixen específicament a les cèl·lules amb canvis en el gen BRAF. (aecc, 2020)

## SÍMPTOMES

Els primers signes o símptomes del melanoma solen ser: un canvi en una piga existent o la formació d'un nou bony pigmentat d'aspecte inusual a la pell. (Clinic, 2020)

La regla ABCDE, en el cas del melanoma, ens pot ajudar a distingir-lo d'una piga normal:

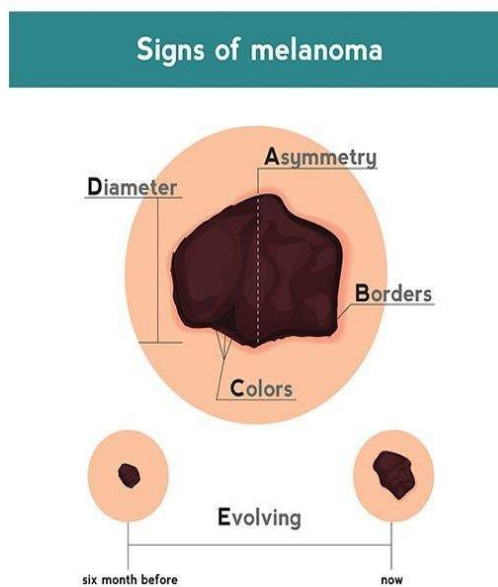
**A:** Asimetria: la meitat d'una piga no és igual que l'altra meitat.

**B:** Vores irregulars: tenen vores desiguals, són: irregulars, borroses, dentades o no estan definides.

**C:** El color no és uniforme i pot incloure ombres de diferents colors: marró, negres, o algunes vegades amb taques rosades, vermelles, blaves o blanques

**D:** Diàmetre: quan la piga mesura més de 6 mil·límetres, més o menys el tamany de la goma de borrar d'un llapis.

**E:** Evolució: si la piga experimenta canvis pel que fa a mida, forma o color. <sup>15</sup>



Il·lustració 15 La regla ABCD

<sup>15</sup> Font: 123rf.com

## TRACTAMENT

El tipus de tractament dependrà de la fase del melanoma:

Els melanomes en etapa 0 normalment es tracten amb *escissió àmplia*, que és una cirurgia per extirpar el melanoma i un marge petit de pell normal al voltant. Encara que alguns oncòlegs prefereixen la radioteràpia o utilitzar crema de imiquimod, és una substància química que actua sobre el seu sistema immunològic millorant la capacitat de l'organisme per eliminar tumors cutanis, sobretot quan afecta a zones més sensibles com la cara.

Els melanomes en etapa I generalment es tracten mitjançant escissió àmplia. Després de la cirurgia, el pacient necessita un seguiment rigurós.

Els melanomes en etapa II necessiten una escissió àmplia, el mateix tractament que els melanomes en etapa I. En alguns cassos també es fa una biòpsia del gangli sentinella per confirmar que no s'hagi propagat el càncer fins als ganglis.

Els melanomes en etapa III usualment requereixen de l'escissió àmplia del tumor primari, juntament amb la dissecció de ganglis limfàtics. Després de la cirurgia, el pacient haurà de prendre immunodepresors per a que el càncer no torni.

Els melanomes en etapa IV, com ja s'han propagat als ganglis limfàtics distants o a altres àrees de el cos, necessiten tractaments més agressius. Els tumors a la pell o els ganglis limfàtics sovint es poden extirpar mitjançant cirurgia o es poden tractar amb radioteràpia. Les metàstasis en els òrgans interns de vegades es poden extirpar, depenent de quantes hi ha presents i on estan localitzades. Les metàstasis que no es poden extirpar, es poden tractar amb radiació, immunoteràpia, teràpia dirigida o quimioteràpia.

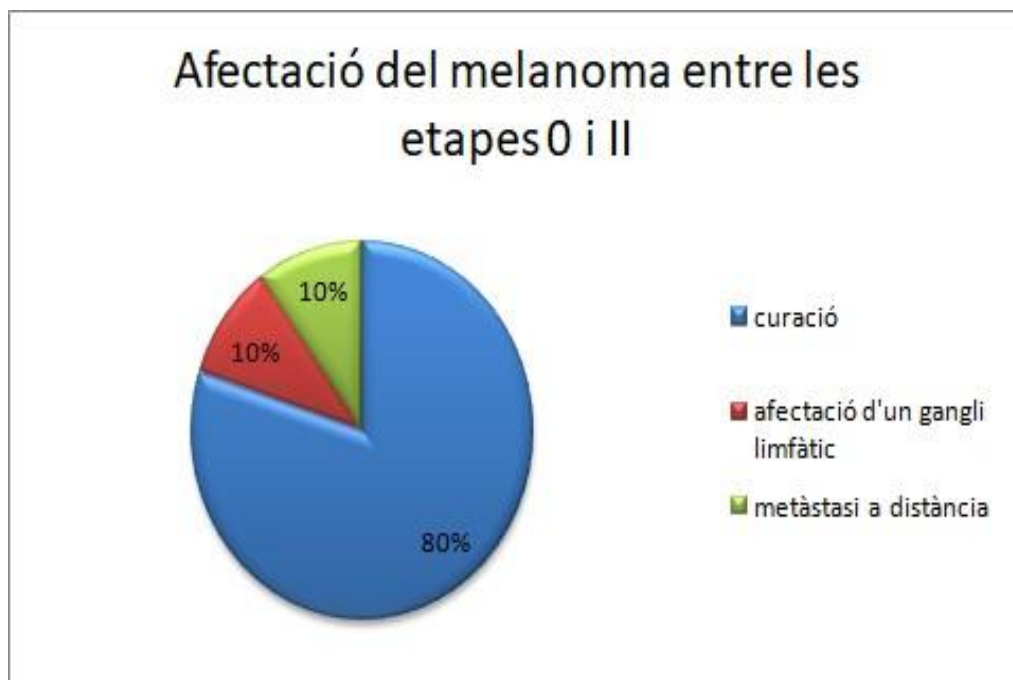
## DIAGNÒSTIC PRECOÇ

Segons l'Acadèmia Espanyola de Dermatologia i Venereologia (AEDV), el 80 per cent de les persones que tenen un melanoma entre les etapes 0 i II

aconsegueixen curar-se amb cirurgia, l'altre 20 per cent, en el moment de la diagnosi, té afectat un gangli limfàtic i, d'aquests, la meitat fan metàstasi a distància.

Com ja he anomenat anteriorment, els ganglis limfàtics s'afecten en la etapa III o posterior, per aquest motiu és molt important detectar el melanoma precoçment.

16



II·lustració 16

---

<sup>16</sup> Font: pròpia

## 3. MARC PRÀCTIC

---

### 3.1 INTRODUCCIÓ

A partir de la meua hipòtesi segons la qual considero que un sistema d'intel·ligència artificial podria diagnosticar més precisament els melanomes, he elaborat un estudi seguint el mètode científic.

1.- He observat que hi ha un problema en el diagnòstic del càncer de pell: els dermatòlegs no sempre poden diagnosticar amb suficient precisió els melanomes i requereixen d'altres proves per comprovar-ho.

2.- He formulat la meua hipòtesi sobre si la intel·ligència artificial podria millorar la detecció dels melanomes.

3.- He dissenyat una aplicació informàtica mitjançant tres sistemes diferents de IA.

4.- He realitzat el meu experiment, utilitzant diferents mètodes de classificació de IA perquè el programa analitzi les imatges seguint una sèrie de paràmetres predefinits (12 experiments en total).

5.- He comparat l'exactitud dels diferents mètodes utilitzats.

6.- He arribat a la conclusió de quin d'ells era el més precís, per comparació de resultats.

7.- He provat el model escollit amb diverses imatges reals.

### 3.2 HIPÒTESI

“Potser que mitjançant la intel·ligència artificial es pugui crear un programa informàtic que diagnostiqui el càncer de pell més eficientment que un dermatòleg.”

### 3.3 OBJECTIU

Dissenyar un programa informàtic que pugui identificar si una lesió de la pell és melanoma o no, amb més precisió que un dermatòleg utilitzant la regla ABCD; tenint en compte que segons un estudi publicat el 29 de maig de 2018 a la revista líder en càncer *Annals of Oncology*, **els dermatòlegs van detectar amb precisió una mitjana del 86,6% dels melanomes i van identificar correctament una mitjana del 71,3% de les lesions que no eren malignes.** (Mar & Soyer, 2018)

### 3.4 MATERIAL

Per fer el meu treball he necessitat:

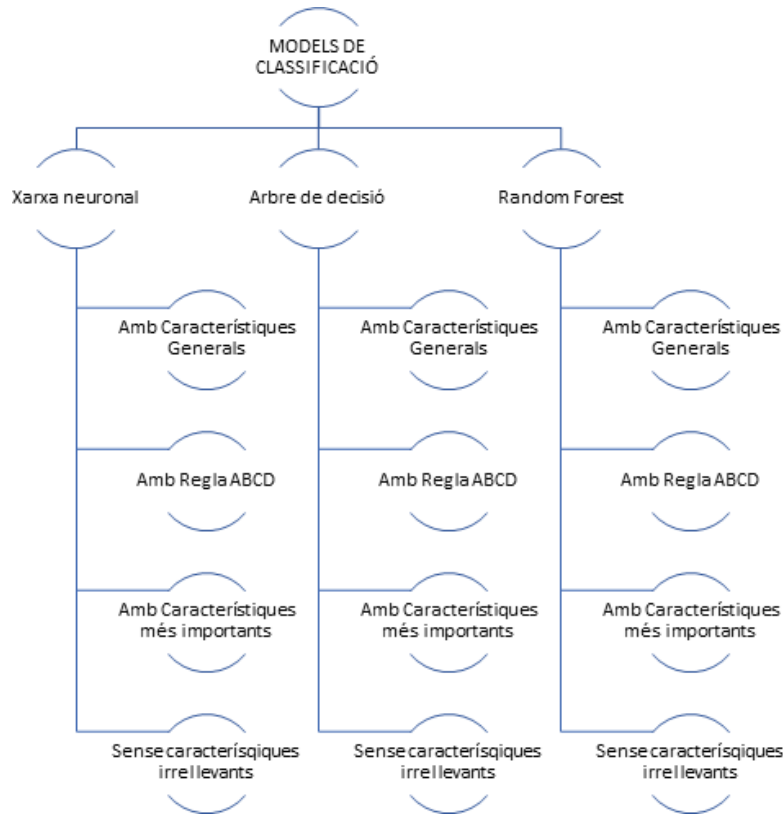
- Una base de dades que es va crear a través d'una investigació conjunta entre la Universitat do Porto, Técnico Lisboa i el servei de Dermatologia de l'Hospital Pedro Hispano de Matosinhos, Portugal. Aquesta base de dades d'imatges conté una segmentació manual de les lesions cutànies, el diagnòstic clínic i criteris dermoscòpics (asimetria, color del pigment, punts, glòbuls, ratlles, àrees de regressió, blavor) d'un total de 200 imatges dermoscòpiques, que contenen 80 nevus comuns, 80 nevus atípics i 40 melanomes. Cada imatge va ser avaluada per un dermatòleg expert.
- Python, és un llenguatge de programació específic per desenvolupar aplicacions d'IA.

- Jupyter Notebook, és una aplicació web de codi obert que permet crear i compartir documents que contenen llenguatge de programació.
- Càmera fotogràfica.

### 3.5 METODOLOGIA

Per determinar el millor sistema d'anàlisi d'imatges he creat 12 models de classificació diferents, seguint els següents passos:

- 1.- Buscar el material que necessitava: descarregar d'internet una base de dades de lesions en la pell, instal·lar el llenguatge de programació i la web de codi obert.
- 2.- Estudiar la base de dades, que contenia un document excel amb tots els paràmetres de les imatges de lesions i les seves segmentacions.
- 3.- Instal·lar unes llibreries per a que el meu codi pugui realitzar funcions determinades.
- 4.- Incorporar la base de dades al meu llenguatge de programació.
- 5.- Aprendre a seleccionar característiques determinades, això em va ser útil per després poder fer els meus sistemes de classificació.
- 6.- Dissenyar el codi de programació en python necessari per executar els 12 models de classificació:



**Il·lustració 17 Models de classificació creats**

17

7.- Entrenar els diferents models de classificació.

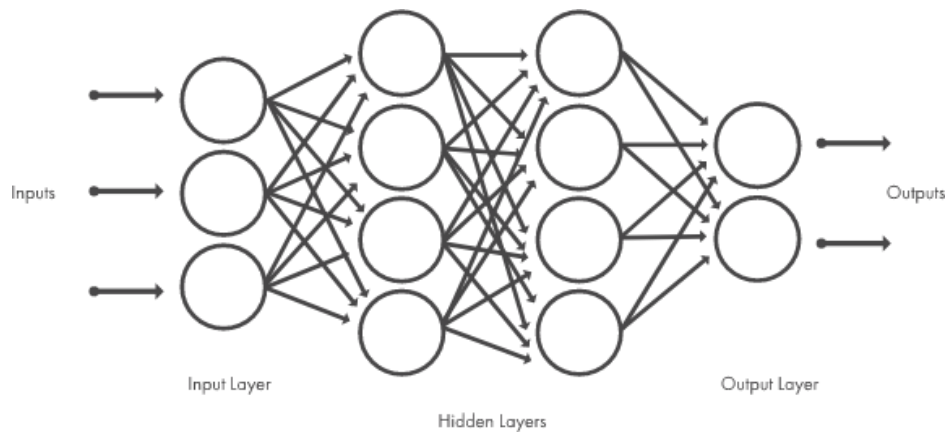
8.- Fer que els models classifiquin una imatge indicant si és melanoma o no, segons les seves característiques, utilitzant 'radiòmics'.

### 3.6 PROCEDIMENT DELS MODELS DE CLASSIFICACIÓ

#### 3.6.1 XARXES NEURONALS

La xarxa neuronal es caracteritza per imitar el funcionament de les xarxes neuronals dels organismes vius: un conjunt de neurones connectades entre si i que treballen conjuntament, sense que hi hagi una tasca concreta per a cada una. Aquest model de classificació permet buscar la combinació de paràmetres que millor s'ajusta a un determinat problema.

<sup>17</sup> Font: pròpia



**II-lustració 18 Com funciona una xarxa neuronal**

18

### Procediment de les xarxes neuronals:

- 1.- Crear un vector X on posi la llista dels paràmetres que es vol que analitzi el meu programa i un vector Y que és l'objectiu, en aquest cas si és melanoma o no.
  
- 2.- L'objectiu i les característiques venen expressats en lletres però perquè el codi es pugui executar s'han de passar a números.
  
- 3.- Fer el meu model de classificació, per l'entrenament s'han de dividir les imatges amb el seu diagnòstic en dos grups, un per fer l'entrenament ( $X_{train}$ ,  $Y_{train}$ ) i l'altre per fer les comprovacions ( $X_{test}$ ,  $Y_{test}$ ). Aquest pas és molt important per a que el model no faci proves amb les mateixes dades que ha entrenat.
  
- 4.- Finalment comprovar l'exactitud amb la que aquest model classifica les imatges del grup ' $X_{train}$ '.

<sup>18</sup> Font: <https://la.mathworks.com/solutions/deep-learning/convolutional-neural-network.html>



### 1.1 1a xarxa neuronal (amb característiques generals)

En aquest model he utilitzat com vector X les característiques de simetria, els glòbuls, les ratlles, les àrees de regressió i la blavor.

### 1.2 Xarxa neuronal (amb característiques de la regla ABCD)

Per poder crear qualsevol model seguint la regla ABCD, s'han d'extreure les característiques radiòmiques de totes les imatges perquè a la meva base de dades no hi ha valors sobre el diàmetre ni les bores dels nevus.

En aquest model he utilitzat com vector X les característiques d'asimetria, esfericitat, color i diàmetre.

### 1.3 Xarxa neuronal (amb característiques més importants)

Com que els índex de precisió dels models anteriors eren bastant baixos en comparació amb el d'un dermatòleg, vaig realitzar altres models de classificació per saber les variables que són importants i després poder implementar-les en un model definitiu que tingués el màxim de precisió, per fer-ho vaig extreure mitjançant radiòmics les característiques de forma i d'intensitat. **Un altre avantatge d'utilitzar les característiques radiòmiques és que es podrà predir si el pacient té un melanoma o no a partir d'una fotografia.**

Extracció de les característiques importants:

Per extreure les característiques més importants vaig crear dos 'Decision Tree' (que s'explicaran en el punt 2), un amb la base de dades radiòmiques de forma i l'altre amb les característiques d'intensitat que havíem extret anteriorment.

1.- Definir les variables en el vector X.

Característiques de forma: 'Elongation', 'MajorAxisLength', 'MaximumDiameter', 'MeshSurface', 'MinorAxisLength', 'Perimeter', 'PerimeterSurfaceRatio', 'PixelSurface' i 'Sphericity'.

Característiques d'intensitat: '10Percentile', '90Percentile', 'Energy', 'Entropy', 'InterquartileRange', 'Kurtosis', 'Maximum', 'MeanAbsoluteDeviation', 'Mean', 'Median', 'Minimum', 'Range', 'RobustMeanAbsoluteDeviation', 'RootMeanSquared', 'Skewness', 'TotalEnergy', 'Uniformity' i 'Variance'.

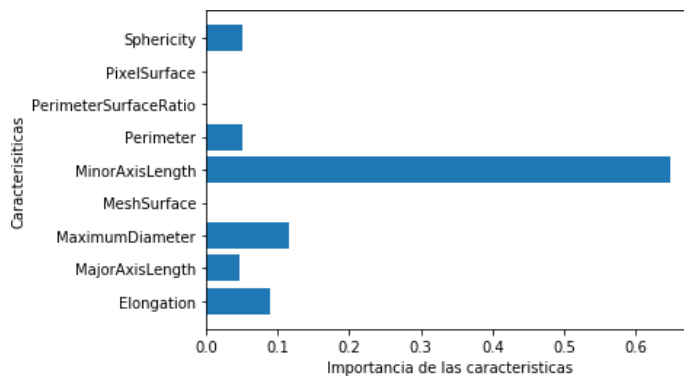
En el vector Y l'objectiu va ser determinar si era melanoma o no.

2.- Les característiques i l'objectiu les vaig passar a números.

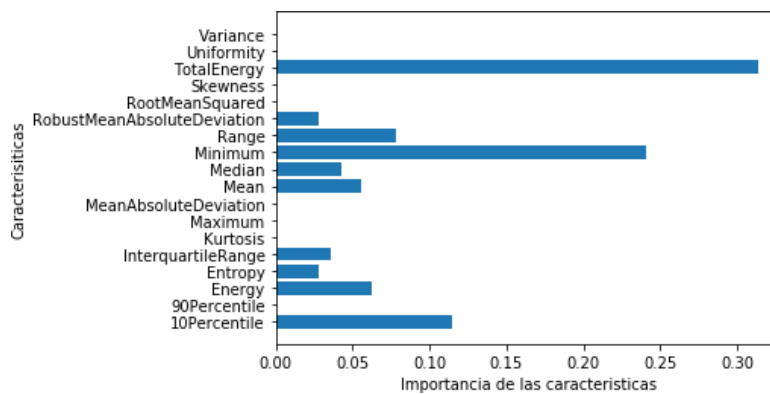
3.- Dividir les meves imatges amb el seu diagnòstic en (X\_train, Y\_train) i (X\_test, Y\_test).

4.- Ho vaig entrenar.

5.- Visualitzar les característiques més importants:



Il·lustració 19 Gràfic de les característiques més importants de forma



Il·lustració 20 Gràfic de les característiques més importants d'intensitat

Com vector X vaig utilitzar les característiques que havien resultat més importants: 'MajorAxisLength', 'Elongation', 'MinorAxisLength', 'Sphericity', 'Perimeter', 'Mean', 'Skewness', 'MaximumDiameter', 'Range', 'TotalEnergy', 'RobustMeanAbsoluteDeviation', 'Minimum', 'InterquartileRange', 'Entropy', 'Energy', '10Percentile'.

#### 1.4 Xarxa neuronal (sense característiques irrellevants)

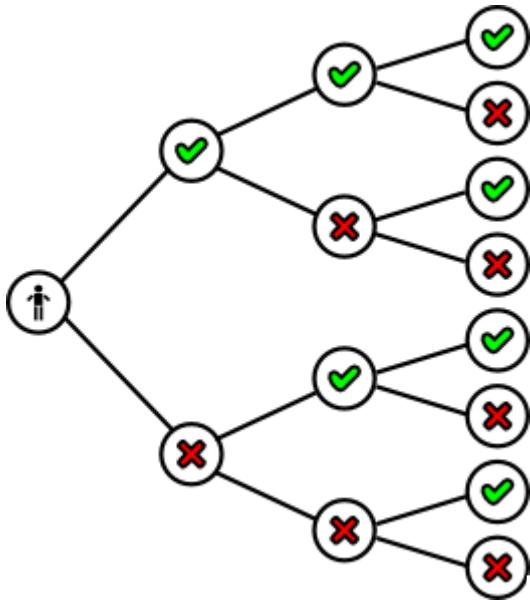
Per millorar la precisió del model anterior vaig eliminar les característiques que no tenien importància. Vaig seguir el mateixos sistemes que als anteriors models però vaig canviar les característiques del vector X: 'MinorAxisLength', 'Sphericity', 'Perimeter', 'Mean', 'Skewness', 'MaximumDiameter', 'Range' i '10Percentile'.

#### 3.6.2 ARBRES DE DECISIÓ

Els arbres de decisió o 'Decision Trees' són un mètode d'aprenentatge supervisat. Aquests models de classificació aprenen de les dades, i amb un conjunt de regles de decisió binàries (de sí o no) arriben a l'objectiu. Quan més profund és l'arbre, més complexes són les regles de decisió i més ajustat és el model.

Els arbres de decisió tenen avantatges i inconvenients en comparació a altres mètodes similars:

AVANTATGES	INCONVENIENTS
Són fàcils d'entendre.	Tendeixen a sobreajustar-se (overfitting)
Són útils en l'exploració de dades: identificar importància de variables a partir de centenars de variables.	Són inestables: un petit canvi en les dades pot desajustar àmpliament l'estructura de l'arbre.
La neteja de dades: els valors que no necessita no influencien al model.	No són massa precisos.



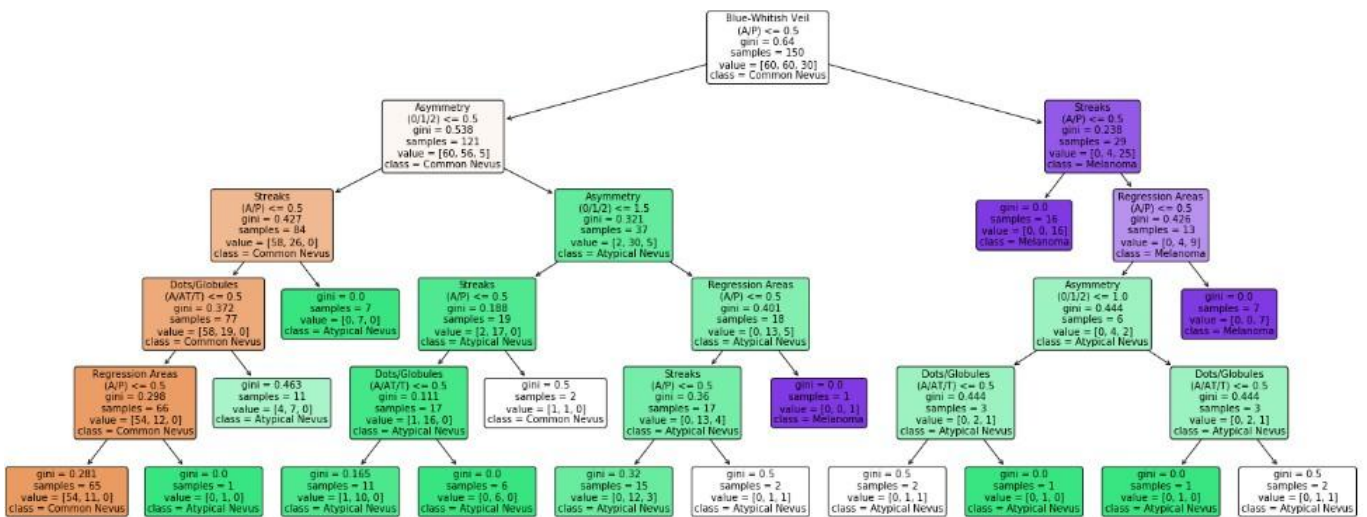
Il·lustració 21 Com funciona un decision tree

#### Procediment dels arbres de decisió:

- 1.- Definir les variables: vector X i vector Y.
- 2.- Convertir les característiques i l'objectiu a números.
- 3.- Dividir les imatges amb el seu diagnòstic en ( $X_{train}$ ,  $Y_{train}$ ) i ( $X_{test}$ ,  $Y_{test}$ ).
- 4.- Entrenar l'arbre de decisió
- 5.- Obtenció de resultats.
- 6.- Instal·lar llibreries per visualitzar el meu arbre de decisió.
- 7.- Nomenar les característiques i l'objectiu
- 8.- Programar perquè es pugui veure l'arbre de decisió en el meu programa informàtic.
- 9.- Programar un codi que determini quina característica té més importància.

## 2.1 1r arbre de decisió (amb característiques generals)

En aquest model he utilitzat com vector X les característiques de simetria, els glòbuls, les ratlles, les àrees de regressió i la blavor.

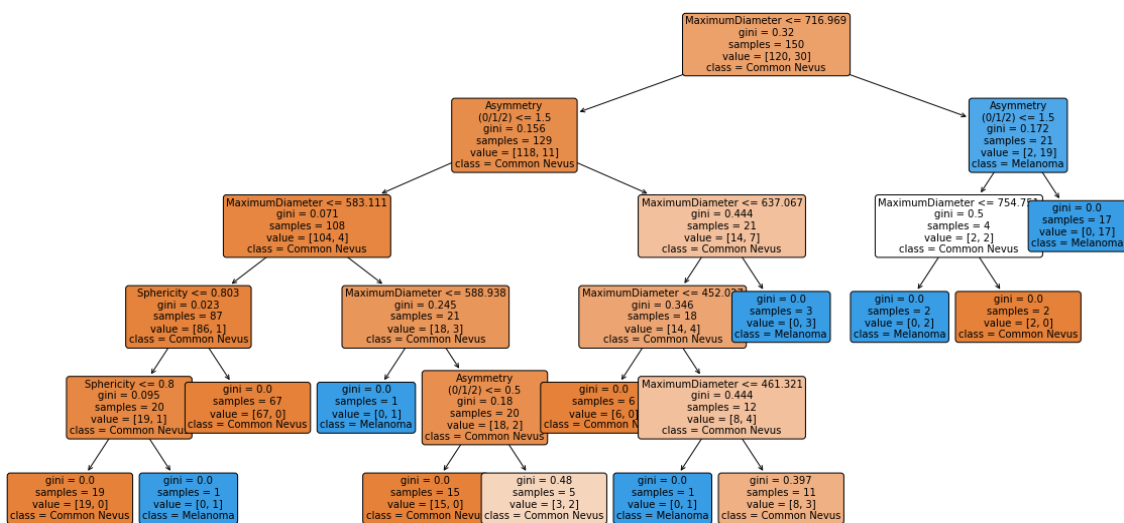


II-lustració 22 Arbre de decisió amb les característiques generals

## 2.2 Arbre de decisió (amb característiques de la regla ABCD)

Com vaig explicar al punt 1.2, primer vaig extreure les característiques radiòmiques.

En aquest model he utilitzat com vector X les característiques d'asimetria, esfericitat, color i diàmetre.

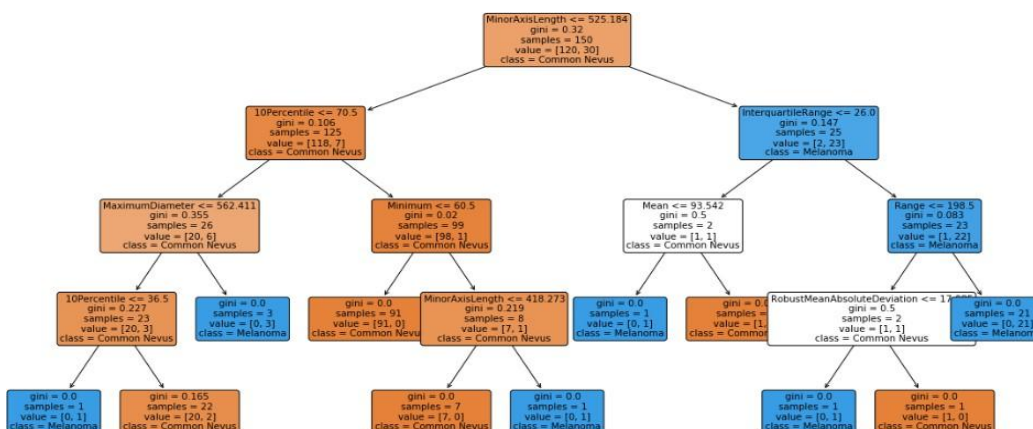


II-lustració 23 Arbre de decisió amb característiques de la regla ABCD

### 2.3 Arbre de decisió (amb característiques més importants)

Seguint la metodologia d'extracció de les característiques més importants, de forma i intensitat, explicada al punt 1.3 l'aplicarem en el disseny de l'arbre de decisió. Com vector X vaig utilitzar les característiques que havien resultat més importants:

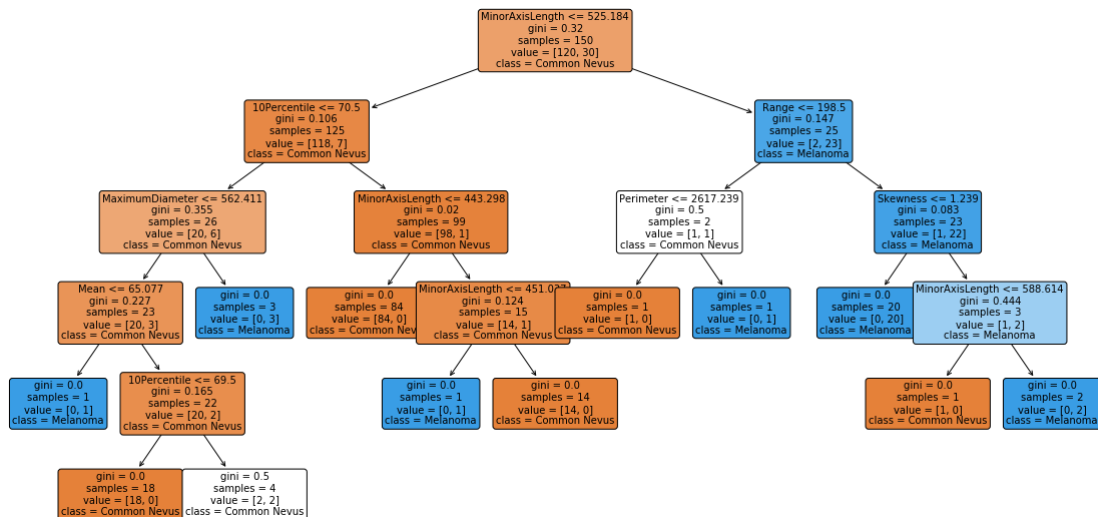
vector X vaig utilitzar les característiques que havien resultat més importants: 'MajorAxisLength', 'Elongation', 'MinorAxisLength', 'Sphericity', 'Perimeter', 'Mean', 'Skewness', 'MaximumDiameter', 'Range', 'TotalEnergy', 'RobustMeanAbsoluteDeviation', 'Minimum', 'InterquartileRange', 'Entropy', 'Energy', '10Percentile'.



Il·lustració 24 Arbre de decisió amb característiques més importants

### 2.4 Arbre de decisió (sense característiques irrellevants)

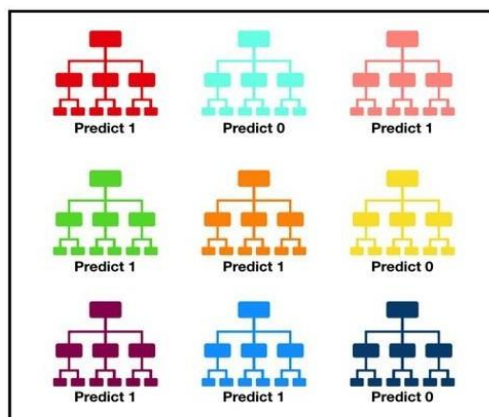
Eliminant les característiques que no tenen importància vaig crear un altre model. En el vector X vaig posar les següents característiques: 'MinorAxisLength', 'Sphericity', 'Perimeter', 'Mean', 'Skewness', 'MaximumDiameter', 'Range' i '10Percentile'.



II-Ilustració 25 Arbre de decisió sense característiques irrelevantes

### 3.6.3 'RANDOM FOREST'

El 'Random Forest' consta d'una gran quantitat d'arbres de decisió individuals que operen com un conjunt. Cada arbre individual al bosc aleatori dóna una predicció i la predicció amb més vots es converteix en la predicció del nostre model. Encara que aquest model és més difícil d'entendre, no es sol sobreajustar i són més estables que els arbres de decisió.



Tally: Six 1s and Three 0s  
**Prediction: 1**

28

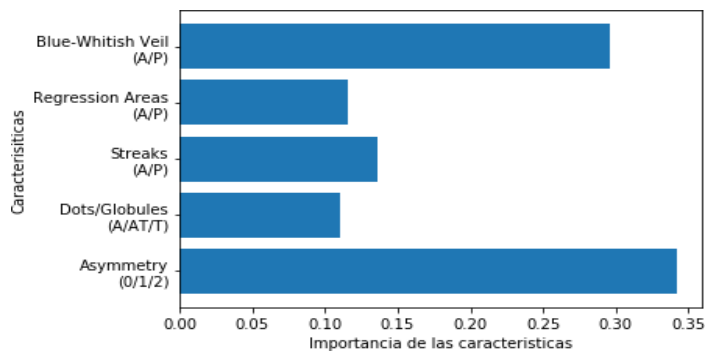
II-Ilustració 26 Com funciona un 'Random Forest'

### Procediment del 'Random Forest':

- 1.- Descarregar unes llibreries per poder crear el 'Random Forest'.
- 2.- Agafar el vector X i el vector Y que havia creat per fer els Decision Trees.
- 3.- Crear els models de classificació, en aquesta part vaig posar quants arbres volia que constituïssin el meu bosc.
- 4.- Dividir les X i les Y en entrenament i prova.
- 5.- Entrenar el model de classificació.
- 6.- Observar la precisió de les dades de testeig.
- 7.- Mostrar les característiques més importants.

#### 3.1 1r 'Random Forest' (amb característiques generals)

En aquest model he utilitzat com vector X les característiques de simetria, els glòbuls, les ratlles, les àrees de regressió i la blavor.

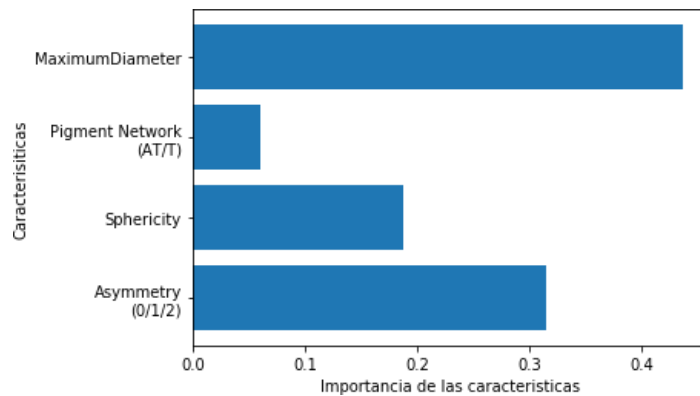


Il·lustració 27 Importància de les característiques del random forest amb característiques generals

#### 3.2 'Random Forest' (amb característiques de la regla ABCD)

En aquest model he utilitzat com vector X les característiques d'asimetria, esfericitat, color i diàmetre.

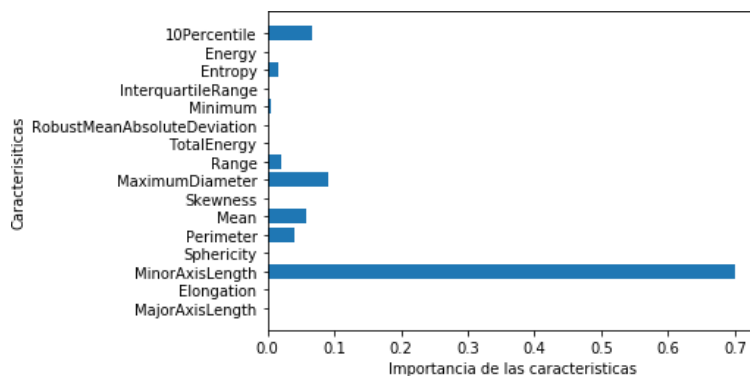




II-lustració 28 Importància de les característiques del random forest amb característiques de la regla ABCD

### 3.3 'Random Forest' (amb característiques més importants)

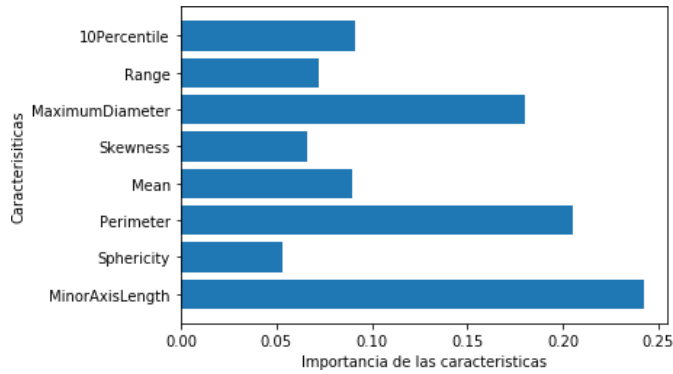
Com vector X vaig utilitzar les característiques que havien resultat més importants: 'MajorAxisLength', 'Elongation', 'MinorAxisLength', 'Sphericity', 'Perimeter', 'Mean', 'Skewness', 'MaximumDiameter', 'Range', 'TotalEnergy', 'RobustMeanAbsoluteDeviation', 'Minimum', 'InterquartileRange', 'Entropy', 'Energy', '10Percentile'.



II-lustració 29 Importància de les característiques del random forest amb característiques més importants

### 3.4 'Random Forest' (sense característiques irrelevantes)

Per millorar la precisió del model anterior vaig eliminar les característiques que no tenien importància. Vaig seguir el mateixos sistemes que als anteriors models però vaig canviar les característiques del vector X: 'MinorAxisLength', 'Sphericity', 'Perimeter', 'Mean', 'Skewness', 'MaximumDiameter', 'Range' i '10Percentile'.



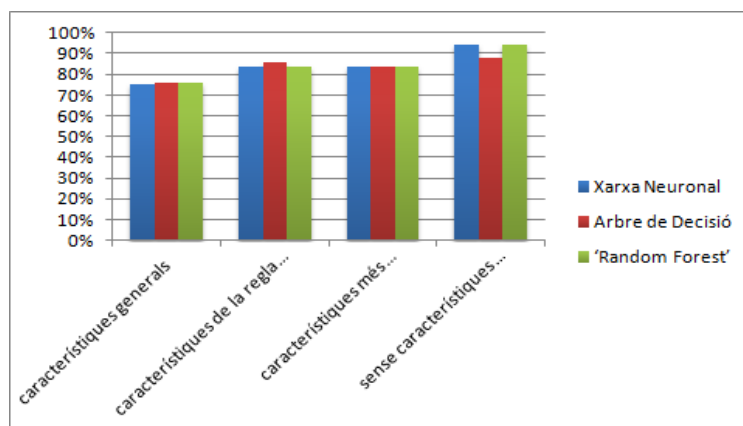
Il·lustració 30  
 Importància de les característiques del random forest sense característiques

### 3.7 RESULTATS

En aquest quadre s'observen els índexs de precisió de cada un dels mètodes utilitzats:

	Xarxa Neuronal	Arbre de Decisió	'Random Forest'
<b>característiques generals</b>	<b>75%</b>	<b>76%</b>	<b>76%</b>
<b>característiques de la regla ABCD</b>	<b>84%</b>	<b>86%</b>	<b>86%</b>
<b>característiques més importants</b>	<b>84%</b>	<b>84%</b>	<b>84%</b>
<b>sense característiques irrelevantes</b>	<b>94%</b>	<b>88%</b>	<b>94%</b>

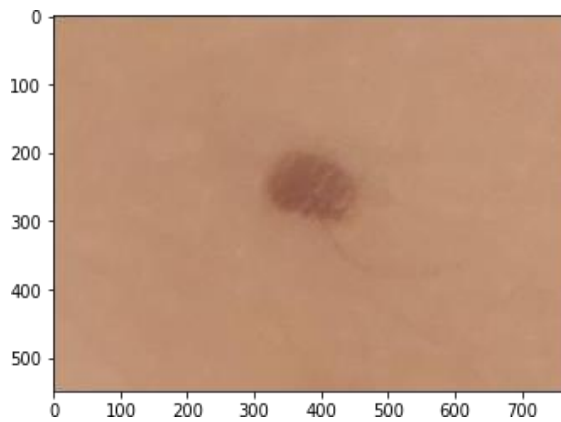
En la gràfica següent es poden veure de forma més visual els resultats:



Il·lustració 31 Gràfica comparativa de resultats

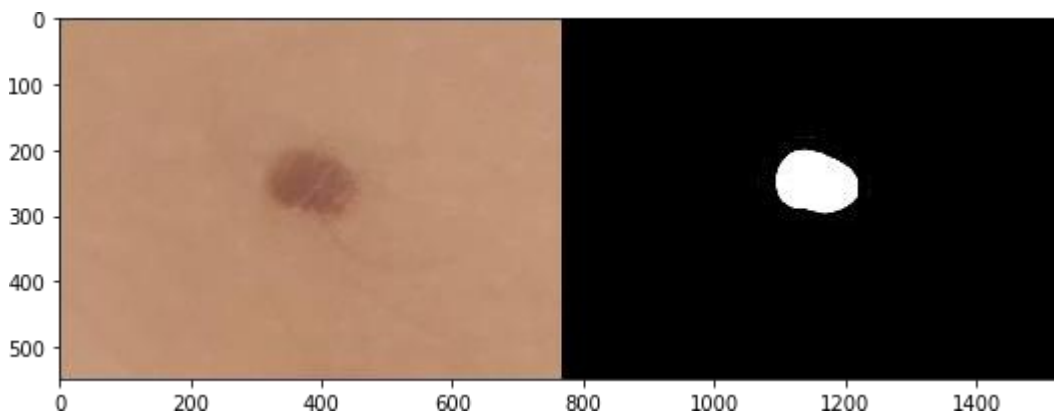
### 3.8 EXPERIMENT AMB IMATGE REAL

A. Fer una fotografia a un nevus del meu braç.



Il·lustració 32 Fotografia del meu nevus

B. Crear la segmentació de la lesió.



Il·lustració 33 Comparació entre la imatge del nevus i la seva segmentació

C. Extreure les característiques radiòmiques de la imatge.

#### **Característiques de forma:**

Elongation: 0.6570201563497806

MajorAxisLength: 407.69303431748835

**MaximumDiameter: 425.32810864084684**

MeshSurface: 85131.5

**MinorAxisLength: 267.8625411499927**

**Perimeter: 1173.6437943888902**

PerimeterSurfaceRatio: 0.013786245918242838

PixelSurface: 85132.0

**Sphericity: 0.8812797033333268**

**Característiques d'intensitat:**

10Percentile: 49.0

**90Percentile: 149.0**

Energy: 999002398.0

Entropy: 2.5916770283001296

InterquartileRange: 65.0

Kurtosis: 1.997540508117147

Maximum: 218.0

MeanAbsoluteDeviation: 33.041028077931905

**Mean: 101.35361556171593**

Median: 104.0

Minimum: 9.0

**Range: 209.0**

RobustMeanAbsoluteDeviation: 26.33739346942142

RootMeanSquared: 108.32703272013222

**Skewness: -0.05935979248835305**

TotalEnergy: 999002398.0

Uniformity: 0.18127569699814766

Variance: 1462.1906305164932

D. Aplicar les característiques al model de classificació xarxa neuronal.

E. El sistema ha classificat la imatge amb resultat correcte.

```
In [21]: clf.predict([[267.86, 1173.64, 0.88, 101.35, -0.05, 425.32, 209, 149]])
```

```
Out[21]: array([0])21
```

<sup>21</sup> array([0]) = Resultat negatiu (No és melanoma)

### 3.9 DISCUSSIÓ

A la taula següent es mostren les diferències entre els diferents models estudiats, amb els seus avantatges i inconvenients:

<b>Característiques generals vs Característiques de la regla ABCD</b>	Per utilitzar el model de les característiques generals fan falta poques característiques, en canvi l'avantatge del model de les característiques de la regla ABCD és que té bastant precisió gràcies a que utilitza característiques que van ser estudiades científicament.
<b>Característiques generals vs Característiques més importants</b>	El model amb les característiques més importants és un millor model perquè utilitza característiques molt més rellevants per fer la classificació, com el diàmetre o l'eix més petit; encara que el model amb les característiques generals es pot aplicar amb poques característiques.
<b>Característiques generals vs Sense característiques irrellevants</b>	L'avantatge del model sense les característiques irrellevants és que és molt precís perquè no utilitza característiques que desestabilitzin el model de classificació però fan falta extreure més característiques que per utilitzar el model de classificació amb les característiques generals, que només utilitza l'asimetria i els colors.
<b>Característiques de la regla ABCD vs Característiques més importants</b>	Són models equivalents perquè aporten un resultat similar, amb mateix nivell de dificultat d'aplicació.
<b>Característiques de la regla ABCD vs Sense característiques irrellevants</b>	El model sense característiques irrellevants és millor perquè és més precís, es deu a que el model utilitzant les característiques de la regla ABCD no té en compte paràmetres importants com la foscor de la imatge o el perímetre.
<b>Característiques més importants vs Sense característiques irrellevants</b>	Com el model sense característiques irrellevants surt de l'eliminació de característiques que no ajudaven a la classificació del model amb les característiques més importants com l'eix més gran o l'elongació, el model amb les característiques importants és menys precís que el model sense les característiques irrellevants.

Després de totes les proves realitzades he aconseguit demostrar que el mètode consistent en les característiques d'esfericitat, la mesura de l'eix més petit, el perímetre, la irregularitat, la foscor del color, la foscor mitjana i el rang de colors és el més precís. No obstant si utilitzem aquest mètode amb un sistema de 'Random Forest' o de Xarxa Neuronal, el resultat obtingut és idèntic, 94% de precisió. Demostrant que qualsevol dels dos mètodes podria ser igualment vàlid pel tractament de la informació que disposem actualment.

Si disposéssim d'una base de dades més àmplia el mètode 'Random Forest' podria ser més adequat perquè no sol sobreajustar-se. En canvi si volem afegir més característiques al model de classificació, seria millor utilitzar una xarxa neuronal perquè amb grans quantitats de dades funciona millor.

## 4. CONCLUSIÓ

---

Finalment podem afirmar que l'experiment ha estat exitós, hem aconseguit demostrar que un sistema de IA pot diagnosticar amb molta precisió i velocitat si una lesió de la pell és o no un melanoma.

De les diferents metodologies analitzades la que ha aportat resultats més satisfactoris ha sigut la xarxa neuronal i el 'random forest' sense utilitzar característiques irrellevants de les imatges estudiades, amb una precisió en el diagnòstic del 94%, bastant superior a la mitjana obtinguda pels especialistes mèdics amb els mètodes tradicionals, que és del 86,6%.

Un programa informàtic de intel·ligència artificial podria facilitar el diagnòstic precoç, evitant l'evolució de la malaltia. D'altra banda, la IA podria determinar l'evolució futura, utilitzant algoritmes predictius.

Aquest projecte ha sigut apassionant per tot el que he pogut aprendre i em fa pensar que podria englobar altres camps.

Òbviament aquesta tecnologia podria aplicar-se pel diagnòstic de moltes altres malalties, com per exemple la COVID-19, analitzant radiografies dels pulmons, ja que aquesta malaltia en molts casos desenvolupa una pneumònia, les característiques a investigar serien: la foscor de la lesió, el perímetre, els valors dels eixos , la uniformitat...

També es podria aplicar a qualsevol diagnòstic basat en l'estudi d'imatges, sempre que es faci una correcta elecció de les característiques fonamentals.

## 5. AGRAÏMENTS

Aquest projecte ha resultat molt interessant i enriquidor però alhora molt complex pel meu nivell de coneixement inicial de la matèria, al principi del projecte no sabia ni obrir el llenguatge de programació, i sense la col·laboració d'alguns experts no hauria estat possible. És per aquest motiu que vull agrair a les persones que han dedicat el seu temps per ajudar-me a fer aquest treball de recerca:

A la meva tutora de l'institut, per ajudar-me a estructurar tot el treball, fer que mai perdés la curiositat i donar-me ànims en tot moment.

Al projecte Forces de la Universitat de Barcelona, que em va facilitar la relació amb magnífics professionals de la UB que em van ajudar a realitzar el treball de recerca:

La Laura Silvestre, estudiant d'últim grau de matemàtiques, per ser la meva companya, ajudar-me a superar els obstacles que hi ha hagut mentre fèiem la part pràctica i resoldre'm tots els dubtes.

El Víctor Campello, professor a la Universitat de Barcelona, per ensenyar-me sobre la IA i com aplicar-la, per dirigir la part pràctica i dedicar-me una part del seu temps.

## 6. BIBLIOGRAFIA

---

- aecc. (2020). *todo-sobre-cancer*. Obtenido de cancer-piel, factores-de-riesgo: <https://www.aecc.es>
- American Cancer Society. (2020). *cancer.org*. Obtenido de <https://www.cancer.org/>
- American Cancer Society. (s.f.). *cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-tipo-melanoma*. Obtenido de cancer.org: <https://www.cancer.org/>
- Cavallé, J. R., & Foraster, C. F. (2020). *Nevus melanocíticos*.
- Charniak, E., & McDermott, D. (1985). *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison Wesley.
- Clinic, M. (2020). *mayoclinic.org*. Obtenido de diseases-conditions: <https://www.mayoclinic.org>
- Haugeland, J. (1985). *Artificial Intelligence: The Very Idea*. MIT Press.
- Hintze, A. (2016). *Reactive Robots to Self-aware Beings*.
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. (2008). *Artificial Intelligence in Radiology*. McMillan.
- Mar, V. J., & Soyer, H. P. (2018). Artificial intelligence for melanoma diagnosis: how can we deliver on the promise? *Annals of Oncology*.
- Martín, B. (18 de Octubre de 2018). Así ha pasado la inteligencia artificial de diagnosticar el cáncer a tratarlo. *El País*.
- McDonald, R. J. (2015). *The effects of changes in utilization and technological advancements of cross-sectional imaging on radiologists workload*.
- Morillo, H. (20 de Maig de 2018). Presente y futuro de la inteligencia artificial: cómo va a cambiar nuestro mundo. (M. Balbi, Entrevistador)
- Norvig, P., & Russell, S. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall.
- Ramonedá, A. (10 de 2019). *inteligencia-artificial-en-la-medicina*. Obtenido de Enzyme Advising group: <https://blog.enzymeadvisinggroup.com/>
- Reed, K. (2011). *HealthGrades Patient Safety in*.
- Rich, E., & Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill.
- Schalkoff, R. J. (1990). *Artificial Intelligence: An Engineering Approach*. McGraw-Hill College.
- Society, A. C. (2020). *cancer.org*. Obtenido de cancer-de-piel-tipo-melanoma: <https://www.cancer.org/>
- Society, A. C. (s.f.). *cancerdepiel.org*.