UVIC UNIVERSITAT DE VIC

LLIÇÓ INAUGURAL 2010-2011

PROCESSING, TRAITEMENT, PROCESSA*MENT*

Dr. Jordi Solé i Casals
Escola Politècnica Superior

SCIENTIAE PATRIAEQUE
IMPENDERE VITAM

Là où il y a la volonté, il y a un chemin[1]

Un títol una mica estrany per a una lliçó inaugural, però que té una explicació simple: d'entrada tres paraules, que ens marcaran els tres apartats en què he dividit aquesta lliçó. I després tres idiomes, que em serviran per centrar cada un dels tres apartats i enllaçar-los entre ells, per fer de les parts un tot únic i coherent.

Processing, en anglès, perquè en el nostre camp (i m'atreviria a dir que en tots els camps avui dia) és indispensable tenir un domini suficient d'aquesta llengua si volem avançar i progressar adequadament en la recerca, en la tasca docent i en el creixement de la universitat. La primera part, doncs, tractarà del *processing*, més concretament del *signal processing*. Serà una breu introducció per entrar en matèria i situar-nos en el punt de partida.

Traitement, en francès, com a deferència i agraïment a Christian Jutten,[2] director del GIPSA-Lab[3] i Catedràtic de l'*Université Joseph Fourier*[4] de Grenoble, a França. Sense la seva pionera tasca de recerca, i sobretot sense la seva acollida, la seva amabilitat i el seu acompanyament, jo no seria avui aquí llegint aquesta lliçó. La segona part, per tant, tractarà d'una tècnica particular de *traitement du signal*, coneguda amb el nom de *separació de senyals* i que té el seu origen en els treballs del Dr. Jutten aviat farà 25 anys.

Processa*ment*, en català, la meva llengua, la llengua del meu país. Perquè per molts idiomes que coneguem, només amb el propi podem dir les coses importants, les coses que ens arriben profundament al cor. I per-

1. Cita que vaig llegir ja fa anys a la façana de la *Maison de la Montagne* de Chamonix (França), i que he vist atribuïda a l'alpinista Edward Whymper, i als polítics Vladímir Ílitx Uliànov (Lenin) i Winston Leonard Spencer-Churchill.
2. http://www.gipsa-lab.inpg.fr/~christian.jutten/
3. http://www.gipsa-lab.inpg.fr/
4. http://www.ujf-grenoble.fr/

què, coses de la vida, el joc de paraules (processa/ment) em permet lligar la tercera part de la lliçó d'avui, que tractarà de processament de senyal, i de la ment i del cervell, aquest òrgan que els vertebrats tenim dins del crani, i sense el qual no seríem vius

Sense més preàmbuls, doncs, endinsem-nos en l'apassionant món del processament de senyal.

PROCESSING

El Termcat[5] defineix *processament* com l'*acció de sotmetre un conjunt de dades, introduïdes en un ordinador, a una sèrie d'operacions.* Així mateix, defineix *senyal* com la *magnitud física variable en el temps, de natura molt diversa, que pot ser transmesa, propagada i detectada, i que constitueix un element portador d'informació, a causa de la seva forma d'ona o del seu contingut freqüencial.* Així doncs, entendrem el processament de senyal com l'aplicació d'una sèrie d'operacions lògiques i matemàtiques a un conjunt de dades provinents d'un senyal, i tot això mitjançant l'ajuda d'un ordinador.

Els objectius d'aquest processament poden ser diversos. Per exemple, afegir una informació a un senyal portador per tal que sigui transmesa i es pugui recuperar més tard en un altre lloc (per exemple una transmissió de ràdio o una conversa telefònica) o en un altre moment (per exemple una fotografia feta amb una càmera digital o unes dades enregistrades en el disc dur de l'ordinador). També ens pot interessar processar un senyal de veu per esbrinar qui és el locutor que parla (reconeixement de locutor) o quines paraules pronuncia (reconeixement de paraules). O potser per protegir informació sensible (encriptació), o per detectar peces defectuoses, mitjançant imatges, en una cadena de muntatge (detecció, classificació, control de qualitat).

Fixem-nos que en el món tecnològic en el qual vivim estem envoltats de sistemes de processament de dades, amb múltiples objectius i amb

5. http://www.termcat.cat/

avantatges molt grans per a tots: identifiquem els productes del supermercat amb un codi de barres que és llegit per una llum làser; paguem el peatge de l'autopista sense ni tan sols haver d'abaixar el vidre de la finestreta (tot i que de pagar peatges ja n'estiguem una mica tips); podem presenciar la gestació del nostre fill gràcies a modernes ecografies; o ens estalviem penosos esforços físics en la indústria de l'automòbil gràcies a precisos autòmats que processen i executen complicades tasques.

Però el processament de senyal, per si sol, no pot fer massa cosa. D'entrada, hem dit que es tracta de manipular senyals. Per tant cal obtenir primer aquest senyals, per la qual cosa necessitarem sensors que ens permetin llegir-los. Un altre pas serà traduir aquests senyals que ens donen els sensors en senyals elèctrics. Això és el que un transductor ens permetrà aconseguir. A més, si el senyal es analògic, és a dir, continu en el temps i en amplitud, necessitarem digitalitzar el senyal per acabar tenint un conjunt de valors numèrics cada determinat interval de temps, que es podran enregistrar en un ordinador per poder ser processats convenientment. Aquesta és la tasca dels dispositius conversors analògic-digital. Tot aquest procés que cal fer per tenir un conjunt de zeros i uns en un ordinador disposats a ser manipulats, cal sovint repetir-lo a la inversa, un cop hem processat el senyal (hem manipulat els zeros i uns) i aquest senyal s'ha de retornar al món tangible. Per això, caldrà convertir el senyal digital en un senyal analògic mitjançant un conversor digital-analògic i, per exemple, utilitzar un actuador (un motor, en aquest cas) per moure el braç d'un robot. Per tant, el processament de senyal té molt a veure amb l'electrònica, l'automàtica i la mecatrònica.

D'altra banda, el processament de senyal necessita, com hem dit, un ordinador o algun altre tipus de maquinari (*hardware*) que executi les diferents tasques, les quals venen detallades en el programari (*software*), les línies de codi que indiquen què s'ha de fer i en quin ordre. Hem de tenir en compte que sense els importants avenços que han tingut lloc en els darrers 40 anys, des del primer processador Intel 4004 de 1971 que contenia 2.250 transistors fins als actuals Core i7 amb més de 1.000 milions de transistors, les tècniques de processament de senyal no es podrien dur a terme. Cal no oblidar, tampoc, que l'evolució dels llenguatges de programació ha permès facilitar la posada en solfa d'aquests processos, tasca

que és realment complexa i àrdua, i que seria molt més difícil i penosa de fer sense aquests programes d'ajuda. És fàcil comprendre, llavors, que el processament de senyal té molt a veure amb la informàtica en totes les seves expressions.

Finalment, aquests programes contenen algorismes, les fórmules matemàtiques que parlen de com s'ha de manipular el senyal per aconseguir l'objectiu proposat. El filòsof i matemàtic alemany Gottfried Wilhelm von Leibniz va escriure, el 1712, en una carta dirigida a Christian Goldbach (un altre gran matemàtic alemany, conegut per la famosa conjectura de Goldbach[6]), el següent: *Musica est exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animi* "La música és un exercici ocult d'aritmètica en el qual l'esperit ignora que calcula". Així mateix és el processament de senyal, com un exercici de matemàtiques, on transformades, matrius, càlcul de probabilitats, estadística, optimització..., es combinen per trobar la fórmula exacta escrita amb el llenguatge més universal.

Així, doncs, el processament de senyal està íntimament relacionat amb totes aquestes disciplines tècniques i científiques, gràcies a les quals emergeix com una eina útil en la nostra vida i en la nostra societat.

Algunes de les principals aplicacions del processament de senyal són, per exemple, el processament de senyals d'àudio, el processament d'imatges digitals, la compressió de vídeo, el processament de la parla, el reconeixement de veu, les comunicacions digitals, el radar, la sismologia i la biomedicina. I com a exemples concrets que us seran familiars, podem esmentar la compressió i transmissió de la veu en telèfons mòbils digitals, l'equalització del so en equips d'alta fidelitat (Hi-Fi), el processament de dades sísmiques, el control de processos industrials, la mineria de dades per a la detecció de fraus en les targetes de crèdit, les animacions generades per ordinador en les pel·lícules, la compressió MP3 o les imatges mèdiques com ara les de ressonància magnètica funcional (fMRI).

6. La conjectura de Goldbach afirma que tot nombre enter parell igual o superior a 4 es pot escriure com a suma de dos nombres primers.

TRAITEMENT

Segur que tots heu estat algun dia en una festa, plena de gent, ambient, música, converses... En el camp del processament de senyal hi ha una situació que es coneix amb el nom de "problema de la festa de còctel". El nom és curiós, però el cas és que il·lustra molt bé quin és el problema (que no és la festa ni el còctel que estiguem bevent).

Fixem-nos què hi trobem en una festa com la que comentava: soroll del gel que dringa dins dels gots, música de fons, xivarri de tota mena, algun crit... i malgrat tot, els assistents a la festa, nosaltres, intentem parlar amb els coneguts i amics, intentem mantenir una conversa. Dins d'aquest caos sonor que d'entrada ens envaeix, a poc a poc comencem a sentir-hi clar. Ja podem distingir fàcilment els diferents senyals que conformen l'amalgama de sons, podem seguir les converses de la gent, escoltar la música i fins i tot meravellar-nos amb el dringar del gel dins del got de la nostra beguda. Resoldre aquest problema, separar aquests sons, és el que s'anomena problema de la festa de còctel.

Estem davant d'una situació habitual en la nostra vida de cada dia (aquest escenari de caos sonor no és exclusiu de les festes de còctel, evidentment). I el més curiós de tot és que no sabem com, però tots som capaços de separar els sons i quedar-nos amb el que ens interessa, amb la conversa del nostre interlocutor, amb la música.... Us heu preguntat mai com ho podem aconseguir, això? El cas és que aquesta situació es dóna en qualsevol sistema que enregistri dades, és a dir, quan hi ha un sensor (per exemple un micròfon), s'enregistra tot el que hi ha, tant el que ens interessa com el que no. Llavors ens toca a nosaltres separar el gra de la palla. Diferenciar el senyal d'interès dins de la mescla en què es troba és el que es coneix amb el nom de separació de senyals. Podríem definir–ho com recuperar senyals d'interès que estan mesclats amb altres. Evidentment, no coneixem ni els senyals originals ni com s'han fet les mescles, només disposem de les mescles.

Anem a veure, amb un exemple senzill, com podem resoldre aquest problema mitjançant una tècnica de processament de senyal, la tècnica de separació de senyals. El primer mètode per dur a terme aquesta sepa-

ració de senyals va ser proposat pel Dr. Jutten en la seva tesi doctoral a l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), i a partir dels seus treballs inicials s'han desenvolupat multitud d'algorismes per resoldre aquest tipus de problemes i s'han començat a aplicar en situacions reals amb èxit.

Per això, anem a suposar que tenim el següent escenari: un violinista tocant un fragment de la Partita no. 1 per a violí sol número de catàleg BWV 1006 de Johan Sebastian Bach,[7] i un locutor de ràdio en el butlletí de notícies (bé, en realitat es tracta d'un fragment del conegut humorista i monologuista Joan Capri[8]). Disposem, a més, de dos micròfons que enregistren la situació. L'objectiu és el següent: a partir dels senyals obtinguts en els dos micròfons volem aconseguir separar per una banda el violinista i per l'altra el locutor de ràdio, és a dir, recuperar per separat els dos senyals que conformen aquesta mescla.

Per tant, el que farem serà mesclar els senyals que tenim (les sortides dels micròfons) de tal manera (és a dir, en unes proporcions) que en cada una de les dues sortides noves només hi tinguem un dels dos senyals. El problema, evidentment, és saber com fem aquesta mescla, quines han de ser aquestes proporcions. Per esbrinar-ho, fixem-nos en l'observació següent: si inicialment teníem dos senyals originals que eren independents, és a dir que el comportament d'un no depenia per res del de l'altre, llavors té sentit pensar que si la sortida del sistema de separació ens dóna dos senyals que siguin independents, aquests s'hauran de correspondre amb els senyals originals. En aquest criteri es basen els mètodes de separació de senyals: suposant que els senyals font són estadísticament independents es vol aconseguir, a partir de les observacions, uns senyals que també siguin estadísticament independents. Si el sistema ha funcionat correctament, recuperarem a la seva sortida els senyals originals.

7. En aquest enllaç en podeu veure i escoltar una versió a càrrec del violinista Itzhak Perlman: http://www.youtube.com/watch?v=zVE8Jy_pPfc
8. En aquest enllaç podeu escoltar el monòleg Els savis, de Joan Capri: http://www.youtube.com/watch?v=0slL9JazsT8

Arribats en aquest punt, ens falta veure com ho podem fer per saber si dos senyals són o no són independents. Per això utilitzarem el que es coneix com la *informació mútua* entre els senyals de la sortida del sistema. La informació mútua entre dos senyals mesura la quantitat d'informació que un senyal ens dóna de l'altre, ens indica en quant reduïm la incertesa d'un senyal si coneixem l'altre. Per exemple, si els dos senyals són idèntics llavors tota la informació proporcionada per un dels senyals és compartida per l'altre, és a dir, conèixer-ne un determina el valor de l'altre. A l'altre extrem, si dos senyals són independents, llavors conèixer-ne un no ens dóna informació sobre l'altre, de manera que la informació mútua és zero. Justament aquesta situació és la que necessitem per recuperar els senyals originals a la sortida del nostre sistema de separació. Per tant, la regla que farem servir per obtenir les proporcions de la mescla es basarà en anar minimitzant de forma iterativa aquesta informació mútua entre els senyals de sortida. Si les coses han funcionat correctament haurem aconseguit recuperar els dos senyals originals nets, sense interferències mútues entre ells.

PROCESSA*MENT*

La història de la humanitat ha tingut, en cada època, els seus grans reptes i desafiaments. Inicialment eren coses que ara ens semblen tan llunyanes com fugir d'un depredador, caçar per poder viure, recollir baies i fruits... Després fou el sedentarisme, i amb ell tots els reptes associats a l'organització dels pobles, les ciutats, l'agricultura i la ramaderia... I més endavant les diferents revolucions de tot tipus que ens han fet avançar en la nostra història, per acabar en el món tecnològic en què vivim, en què l'home ha arribat a la lluna, envia sondes a l'espai per explorar-lo i esbrinar l'origen de l'univers. Tots aquests reptes han estat el motor de la nostra evolució. I un dels òrgans que més ha evolucionat en aquest camí de milions d'anys és el cervell. Al llarg de l'evolució s'han anat sobreposant en el cervell unes estructures sobre les altres, de manera que hi coexisteixen les estructures més arcaiques, com ara el cervell arcaic o reptilià, amb les més modernes, com el neocòrtex. Precisament, el neocòrtex és la base estructural de les funcions cognitives: llenguatge, raonament,

planificació, moralitat, abstracció, anàlisi i resolució de problemes, presa de decisions... La complexitat del cervell és enorme, i el coneixement que en tenim és tan petit que de cop ens adonem del fabulós i desconegut univers que tenim dins del nostre crani.

Però el cervell sempre ha fascinat l'home, ja a la Grècia clàssica es debatia quin era el paper de l'educació en la nostra intel·ligència, intuint que el cervell era la base de l'intel·lecte. Actualment, però, a banda de raonaments, idees i observacions, disposem de recursos tecnològics per estudiar el cervell, per enregistrar-ne l'activitat, per veure com treballa... I tot això ha donat un gran impuls a la neurociència per tal d'intentar descobrir com està estructurat i com treballa el cervell, per tal d'entendre com s'interrelacionen les diferents àrees, què tenen en comú i què no, com es reorganitzen quan hi ha una lesió o un dany cerebral i, evidentment, també per descobrir com i per què apareixen les malalties del cervell i com es poden detectar, prevenir i guarir.

Entre aquestes noves tècniques d'adquisició de dades del cervell hi trobem les tècniques de neuroimatge funcional, que inclouen la Tomografia per Emissió de Fotons (*Single Photon Emission Computed Tomography*, SPECT), la Tomografia per Emissió de Positrons (*Positron Emission Tomography*, PET) i la Imatge per Ressonància Magnètica Funcional (*Functional Magnetic Resonance Imaging*, fMRI). Totes elles proporcionen informació de les funcions i la morfologia del cervell, i gràcies a elles se'n poden obtenir imatges representatives dels mecanismes biològics i/o fisiològics, oferint una informació complementària a les tècniques de neuroimatge anatòmica, que són les que ens permeten visualitzar les estructures que el formen.

Totes aquestes noves dades que s'aconsegueixen amb aquests sistemes han de ser processades convenientment. Així doncs, en aquests darrers anys el processament de senyal ha començat a fer acte de presència de manera clara en aquest camp, i gràcies a les modernes tècniques desenvolupades s'han pogut dur a terme experiments l'anàlisi dels quals ha revelat aspectes molt interessants del cervell.

La tècnica d'imatge per ressonància magnètica funcional mesura, de forma no-invasiva, l'activitat metabòlica del cervell mitjançant l'avaluació

de l'efecte de contrast BOLD (*Blood Oxygen Level Dependence*), és a dir, dels canvis en la quantitat d'oxigen presents en el sistema circulatori del cervell. Per això, cal situar el subjecte en un potent camp magnètic, emetre una radiofreqüència que és capturada en forma d'energia pels àtoms d'hidrogen (en aquest cas del cap), per després mesurar la quantitat d'energia alliberada. Ara bé, aquest alliberament d'energia està alterat per l'efecte de contrast BOLD, en el sentit que segons la quantitat d'oxigen present en la circulació venosa (oxihemoglobina), l'energia s'alliberarà més ràpidament o més lenta. Com més oxigen hi hagi, més lent és l'alliberament, i per tant el senyal rebut serà més intents. Per tant, les regions més actives, que reben més sang oxigenada, emetran més senyal.

Recentment hem iniciat col·laboracions amb diferents laboratoris de recerca que treballen amb imatges d'aquest tipus. Amb el Dr. Edward Bullmore, responsable del *Brain Mapping Unit*[9] (BMU) de la Universitat de Cambridge (Regne Unit), i la Dra. Sophie Achard, investigadora del GipsaLab de Grenoble[10] (França), hem començat d'estudiar la connectivitat cerebral aplicant tècniques d'anàlisi en components independents (que és un cas especial de separació de senyals). L'objectiu és veure les diferències de funcionament del cervell en repòs, de subjectes joves i de subjectes d'edat avançada. Això pot permetre entendre com evolucionen les connexions neuronals amb l'edat i com es reorganitzen amb el temps. D'altra banda, properament començarem una col·laboració amb el Dr. Josep M. Serra Grabulosa, membre del grup de recerca de Neuropsicologia[11] de l'Institut d'Investigacions Biomèdiques August Pi i Sunyer (IDIBAPS), amb l'objectiu d'analitzar senyals de ressonàncies magnètiques funcionals de nens amb problemes de discalcúlia[12] mitjançant les tècniques d'anàlisi en components independents esmentades anteriorment.

Reprenem ara al fil de l'exemple de separació de senyals que hem vist abans, el qual ens ha permès entendre que la redundància, el fet de dis-

9. http://www-bmu.psychiatry.cam.ac.uk/
10. http://www.gipsa-lab.inpg.fr/
11. http://www.idibaps.org/recerca/707/neuropsicologia
12. La discalcúlia és un trastorn de l'aprenentatge que es manifesta amb una baixa capacitat per al processament numèric i el càlcul.

posar de diverses versions (semblants però no idèntiques) d'una mateixa situació (les mescles observades), pot ser explotat i aprofitat per extreure'n informació útil. Això és interessant perquè el fet que tinguéssim un, o dos o més, micròfons (sensors, en general) és una cosa que normalment podem controlar, i per tant sempre en podem posar més. Si traslladem aquesta idea a l'enregistrament de senyals biomèdics, ens adonarem que pot ser útil tenir diversos sensors per enregistrar algun senyal del nostre cos i així poder aprofitar la redundància per extreure senyals d'interès. Aquesta tècnica és especialment interessant en les aplicacions mèdiques, ja que afegir sensors quan fem una mesura no produeix cap lesió ni cap dany al subjecte, i hem de tenir en compte que aquest fet és important i moltes vegades determinant en aquest camp. Per tant, la separació de fonts és una tècnica no-invasiva ben adaptada per processar senyals biomèdics.

Una altra de les tècniques que s'utilitzen en neurociència per estudiar el cervell és l'electroencefalografia, que enregistra l'activitat elèctrica del cervell (electroencefalograma, EEG). Habitualment es col·loquen una vintena o més de sensors (de 128 a 256 en els sistemes d'alta densitat) convenientment disposats al llarg del cap. Fixem-nos que aquesta tècnica, per ella mateixa, és molt semblant al que hem explicat abans. Disposem de múltiples versions molt semblants de l'activitat elèctrica del cervell i per tant podrem processar les dades enregistrades per tal d'eliminar els artefactes, és a dir, tot allò que no és activitat cerebral. Els artefactes més comuns que apareixen en els sensors, mesclats amb la pròpia activitat elèctrica del cervell, són els parpelleigs dels ulls, els mateixos moviments oculars, el senyal del cor i els moviments musculars del cap. Tots aquests senyals són d'amplitud molt superior als senyals cerebrals, i per tant la seva presència distorsiona completament els resultats de les mesures.

Aplicar la tècnica de separació de senyals a les observacions (els senyals obtinguts en els sensors) ens permet obtenir a la sortida del sistema de separació uns senyals independents, entre els quals trobarem senyals que no són d'activitat cerebral, sinó artefactes. Per tant, si hem estat capaços de descompondre les mescles en un conjunt de senyals independents, només ens queda detectar quins d'aquests senyals no són activitat cerebral, eliminar-los i tornar a refer les mescles originals sense la contribució d'aquests senyals, que eren artefactes. El resultat és que

recuperem altra vegada els senyals en cada un dels sensors, però ara ja sense la contribució dels artefactes, és a dir, ara només amb activitat cerebral. Per tant, un cop netejats els senyals, podem analitzar l'EEG i extreure'n les conclusions oportunes.

Com probablement sabeu, l'Alzheimer és la forma més prevalent de neuropatologia que porta a la demència. Afecta aproximadament 25 milions de persones a tot el món i s'espera que tingui un creixement ràpid en un futur proper. A més, el diagnòstic s'efectua a partir de dades de la història del pacient i a partir d'observacions clíniques quan comencen a aparèixer els primers símptomes. La confirmació del diagnòstic només es pot fer *post-mortem*, examinant histològicament el cervell. Per tant, un sistema no-invasiu que pogués ajudar a diagnosticar la malaltia d'Alzheimer abans de l'aparició dels símptomes seria de gran utilitat. És per això que hem aplicat la tècnica de separació de senyals a senyals EEG de subjectes amb Alzheimer i de subjectes sans, amb l'objectiu de dissenyar un sistema d'ajuda a la detecció precoç de la malaltia d'Alzheimer. En un treball recent que hem portat a terme en col·laboració amb el Dr. Andrzej Cichocki i el Dr. François Vialatte, investigadors del *Laboratory for Advanced Brain Signal Processing*[13] (ABSP) de Tòquio (Japó), vam dissenyar un sistema de classificació basat en xarxes neuronals per tal que, a partir dels senyals EEG de cada subjecte, el sistema fos capaç de classificar-lo com a subjecte sa o subjecte malalt. En concret, el sistema utilitza com a paràmetres d'entrada la mitjana de la potència del senyal de tots els elèctrodes en les diferents bandes de freqüència típicament utilitzades en neurociències. Donat que un subjecte que pateixi la malaltia d'Alzheimer presenta un disfuncionament cerebral, els senyals enregistrats tenen unes característiques diferents a les d'un subjecte sa. El sistema, doncs, és capaç de classificar el subjecte a partir del seu EEG amb un 51% d'èxit. Fixem-nos que aquest valor és molt baix, hauríem obtingut el mateix resultat amb una moneda apostant a cara o creu. Cal esmentar, però, que aquest valor es va obtenir fent servir els senyals EEG directament. Ara bé, com hem dit abans, els senyals contenen artefactes que se sobreposen als propis senyals d'activitat cerebral i distorsionen

13. http://www.bsp.brain.riken.jp/

els resultats. Aplicant el sistema de separació de senyals per tal d'eliminar els artefactes, es va tornar a dissenyar el classificador i es va obtenir un 73% d'èxit de classificació. Podem veure, doncs, que la tècnica de separació de senyals ens ha permès millorar el resultat en un 22%, i per tant hem incrementat les prestacions del classificador. Ara sí que aquest 73% és un resultat esperançador.

Aquests són petits exemples reals del que el processament de senyal permet fer actualment, i que ens haurien d'ajudar a obrir els ulls i veure les múltiples i diverses aplicacions que es poden o es podrien dur a terme en el camp mèdic. Per això cal, especialment, un treball interdisciplinari i en equip, per tal que metges, psicòlegs, psiquiatres, biòlegs, biotecnòlegs... però també enginyers, treballin conjuntament per desenvolupar sistemes i equips que ens permetin millorar la qualitat de vida. Hi ha molt camí per recórrer, hi ha molta feina a fer, però també hi ha molta gent, molts investigadors, disposats a fer-la, disposats a continuar investigant perquè a poc a poc això es faci realitat.

I acabo, tot manllevant un petit fragment de la part final del discurs que Steve Jobs, CEO i cofundador d'Apple Computer i de Pixar Animation Studios, va fer el 12 de juny de 2005 en la cerimònia de graduació de la Universitat de Stanford (Califòrnia, Estats Units d'Amèrica). Molts de vosaltres haureu sentit o llegit el discurs sencer. Si no és el cas, us recomano que ho feu, perquè val molt la pena.[14] Crec que les paraules del Sr. Jobs ens poden il·lusionar a tots en aquest inici de curs. Diu així:

> *El vostre temps té un límit, per tant no el malgasteu vivint la vida d'una altra persona. No us deixeu atrapar per dogmes, no viviu amb els resultats del pensament d'altres persones. No permeteu que el soroll de les opinions alienes silenciïn la vostra pròpia veu interior. I el més important, tingueu el coratge de seguir el vostre cor i la vostra intuïció, que d'alguna manera ja saben el que realment voleu arribar a ser. Tota la resta és secundari.*

Gràcies per la vostra presència i molt bon curs a tothom.

14. En aquest enllaç podeu veure i escoltar el discurs del Sr. Jobs: http://www.youtube.com/watch?v=UF8uR6Z6KLc

Universitat de Vic
Carrer de la Sagrada Família, 7
08500 Vic. Barcelona
Tel. 93 886 12 22
Fax 93 889 10 63
www.uvic.cat