

Disseny i implementació d'un plugin QuantumGis per l'estudi d'índexs espectrals

Sergi Martín Medina

Resum– La gestió de l'agricultura s'ha adaptat a les noves tecnologies per aconseguir una millor gestió dels cultius. Emprant vehicles aeris no tripulats es poden prendre imatges multiespectrals d'alta resolució del cultius i generar ortofotos . A partir de les diferents bandes de l'espectre electromagnètic capturat, es poden aplicar diferents índex espectrals que ens poden donar informació sobre l'estat dels cultius. Aquest projecte es centra en el disseny i implementació d'un plugin per el sistema d'informació geogràfica Quantumgis (Qgis) que ens permeti realitzar càlculs dels índex espectral i comparar els resultats en diferents regions d'una ortofoto. Amb la informació obtinguda a la elicítació s'ha realitzat un disseny del plugin tan a nivell d'interfície d'usuari com de classes. S'ha implementat una primera versió el plugin que permet calcular alguns dels índexs espectrals més comuns a l'estat de l'art d'una imatge, guardar el resultat en una localització a disc i carregar el resultat a Qgis.

Paraules clau– Índex espectral, imatge multiespectral, sistema d'informació geogràfica, agricultura de precisió ,Qgis

Abstract–The management of agriculture has adapted to the new technologies to achieve a better management of the crops.Using unmanned aerial vehicles we can take multispectral images of high resolution of the crops. From the different bands of the captured electromagnetic spectrum, different spectral indices can be applied that can give us information about the state of the crops.This project focuses on the design and implementation of a plugin for the QuantumGis (Qgis) geographic information system that allows us to perform calculations of the spectral index and compare the results in different regions. With the information obtained through the elicitation, a design of the plugin has been done at the level of both the user interface and the classes. A first version of the plugin has been implemented, that allows us to calculate some of the most common spectral indexes in the state of the art of an image, save the results to a location on disk and load the results to Qgis.

Keywords– Spectral index, multispectral image, geographic information system, precision agriculture , Qgis.



1 INTRODUCCIÓ

L'AGRICULTURA ha estat una de les activitats fonamentals de l'esser humà al llarg de la seva història. Per optimitzar l'explotació d'aquesta activitat s'han utilitzat diferents mètodes per controlar l'estat dels conreus i prendre les decisions més adients. Avui en dia, existeixen diferents iniciatives per controlar els cultius mitjançant vehicles aeris no tripulats (UAV). Aquests vehicles sobrevolen la zona dels cultius i obtenen varies imatges espectrals de la

zona delimitada mitjançant sensors que capturen les radiacions del espectre electromagnètic [1] [2].

Les imatges multiespectrals son imatges multicanal que mostra la radiació capturada en diferents bandes de l'espectre electromagnètic com poden ser el blau, el verd el vermell, proper al infraroig (NIR), etc [3] [4]. Es realitzen varies imatges del cultiu, una per cadascuna d'aquestes bandes espectrals. A partir de determinades bandes espectrals podem determinar l'estat d'un cultiu. Per exemple, La vegetació sana o més densa, tindrà les bandes verdes una mica més alta, i la banda NIR molt més alta que les bandes blaves i vermelles, mentre que una planta que estigui en pitjor estat, tindrà totes les bandes espectrals al mateix nivell [5]. A la figura 1 es pot veure un gràfic de l'estat d'una planta respecte la seva radiació.

Les combinacions de bandes d'una imatge que permeten

- E-mail de contacte: sergimartin3@gmail.com
- Menció realitzada: Enginyeria del Software
- Treball tutoritzat per: Daniel Ponsa Mussarra
- Curs 2016/17

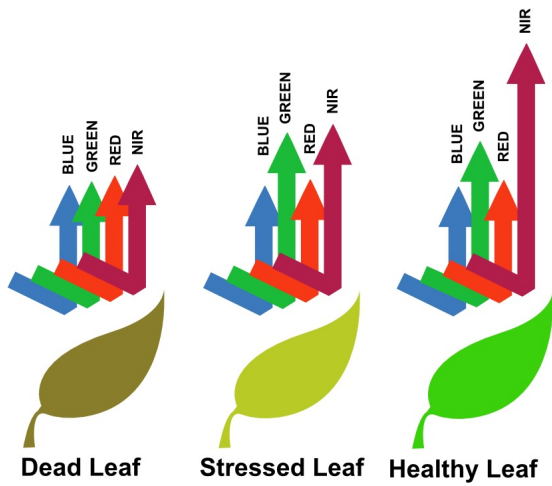


Fig. 1: Gràfic on es determina l'estat de salut d'una planta mitjançant les seves radiacions de l'espectre electromagnètic.

valorar l'estat dels cultius rebent el nom d'índexs espectrals. Un índex espectral és una operació aritmètica que combina els valors de diverses bandes espectrals de la imatge. D'aquesta manera es retorna un únic valor corresponent a l'estat del cultiu. Existeixen diversos índexs espectrals, cadascun d'ells té en compte diferents bandes de una imatge multispectral. A més pot haver índexs que puguin tenir altres paràmetres externs, com el tipus de sòl.

Cada índex espectral dona diferents resultats base a l'estat del cultiu, un índex pot ser més efectiu en un determinat cultiu. Aquests resultats poden mostrar diferències en l'efectivitat del tractament dels cultius. S'han de calcular els diferents índexs espectrals per una mateixa imatge. Si es vol realitzar un anàlisi per determinar fins a quin punt un tractament és efectiu, es pot aplicar un tractament determinat a una zona concreta del cultiu i realitzar una comparació amb una zona amb un tractament diferent. Amb aquesta comparació es pot determinar quin tractament va millor per el cultiu en qüestió. La tasca ha de ser realitzada per els experts amb diferents eines i analitzada apart extraient conclusions manualment. Això genera una necessitat de automatitzar la tasca d'anàlisi dels índexs en un determinat entorn de vegetació.

Prenent això com a punt de partida, l'objectiu principal del projecte és el disseny i la implementació d'una eina que permeti realitzar el càlcul dels índexs espectrals i les comparacions de dues regions delimitades automàticament, mostrant així la diferència d'efectivitat entre d'un tractament dels cultius a l'altre. Aquesta eina s'ha desenvolupat com a un plugin del sistema d'informació geogràfica Quantum Gis (Qgis)[6]. Qgis és un sistema d'informació geogràfica (GIS) lliure amb llicència General Public Licence. (GPL). Qgis permet a desenvolupadors crear plugins de codi obert en el llenguatge de programació Python [7] i implementar-ho al sistema per el seu ús, així com accedir a un repositori de plugins i instal·lar els que necessitem [8].

Aquest article està dividit en les següents seccions. En la secció 2 es descriuen els objectius que es volen assolir amb aquest projecte. En la secció 3 descriu més a fons els sistemes d'informació geogràfica i els índexs espectrals de vegetació. La metodologia que s'ha utilitzat per el desenvolupament del projecte s'explica en la secció 4. En la secció 5 s'explica les fases de desenvolupament que s'han realitzat en el projecte fins al dia d'avui. En la secció 6 es mostren els resultats del projecte, i es numeren tots els documents i programes generats i els objectius que s'han assolit en el projecte. Finalment, en la secció 7 s'exposen les conclusions que s'han obtingut del projecte i es mostren futures línies de treball.

lupament del projecte s'explica en la secció 4. En la secció 5 s'explica les fases de desenvolupament que s'han realitzat en el projecte fins al dia d'avui. En la secció 6 es mostren els resultats del projecte, i es numeren tots els documents i programes generats i els objectius que s'han assolit en el projecte. Finalment, en la secció 7 s'exposen les conclusions que s'han obtingut del projecte i es mostren futures línies de treball.

2 OBJECTIUS

L'objectiu principal del projecte és el disseny e implementació d'un plugin pel sistema d'informació geogràfica QGis que ens permeti de forma automàtica realitzar els càlculs dels índexs espectrals d'una imatge multispectral, referent a una zona de cultiu.

Adicionalment el plugin ha de permetre:

- Analitzar els resultats dels índexs resultants i generar histogrames en funció de la zona delimitada de la imatge.
- Realitzar la comparació dels diferents regions d'un cultiu, amb un índex espectral prèviament calculat.

Els objectius d'aquest projecte es divideixen en els següents subobjectius:

1. Estudiar l'estat de l'art de l'àmbit de l'agricultura de precisió i sistemes d'informació geogràfica. També es recolleix informació sobre diferents sistemes d'informació geogràfica, per poder fer una comparació entre ells i veure les seves característiques, avantatges e inconvenients.
2. Recollir requisits i realitzar un disseny per implementar el sistema en el Qgis. Aquest disseny inclou la realització de diversos prototips de la interfície d'usuari, millorant aquest prototip en un taller participatiu amb diversos experts agrònoms que van verificar la interfície d'usuari. També s'inclou el disseny del plugin amb un diagrama de classes, definint les diferents classes que són necessàries per realitzar el plugin en la totalitat i que el puguin modificar i afegir funcions fàcilment segons futures necessitats dels usuaris.
3. Implementar el plugin en el sistema d'informació Qgis amb el llenguatge de programació Python. Per a que el plugin funcioni en Qgis, es necessiten diversos arxius de metadades que s'han de crear. Un cop creats, s'han de desenvolupar les funcions que permetin:
 - Calcular els índexs espectrals d'una imatge seleccionada, seleccionant l'índex espectral i els paràmetres extres que siguin necessaris.
 - Per a cada regió de la imatge que vulguem comparar, s'han de determinar els seus valors en l'índex espectral calculat, i crear els histogrames corresponents.
 - Un cop obtinguts els histogrames, s'han de comparar els histogrames de dos zones diferents, mostrant la diferència entre els diferents tractaments.

- Validar el plugin per garantir que el plugin funciona d'acord a les necessitats de l'usuari. Mitjançant aquesta validació es verifica que la funcionalitat és la correcta i que es mostrin missatges en cas d'error en cas de que hi hagi.

3 ESTAT DE L'ART

3.1 Sistemes d'informació geogràfica

Un sistema d'informació geogràfica (GIS) és un tipus de sistema informàtic que implementa varis processos per realitzar càlculs, estadístiques, anàlisi, i mostrar la informació de dades geogràfiques. Aquests processos s'utilitzen en agronomia per visualitzar l'estat dels cultius.

Els GIS ens permeten introduir capes raster i capes vectorials. Una capa raster consta de la imatge multiespectral en una matriu de píxels que contenen una determinada informació de les bandes espectrals, que podem utilitzar per realitzar els càlculs dels índexs espectrals. [9]

Una capa vectorial representa una area concreta de la imatge amb unes determinades característiques, podent representant-se per punts, polígons, etc. Aquestes tenen dades geogràfiques que podem utilitzar. Per el cas del plugin, s'utilitza per delimitar l'area que ens interessa per realitzar les comparatives de diferents tractaments d'un cultiu. [9]

Avui en dia hi ha varis sistemes d'informació geogràfica, tant de software propietari com de software lliure. Alguns exemples de GIS de software propietari més utilitzats son ArcGis, MapInfo, GeoMedia, i GlobalMapper.[10]

L'avantatge que obtenim al utilitzar un software lliure es la possibilitat de afegir modificacions al programa o afegir plugins externs, permeten aixi la extensió de la funcionalitat base. En molts casos, aquests software és gratuït, evitant així restriccions d'us en el software [11]

Alguns exemples de GIS de software lliure utilitzats son QuantumGis (Qgis), Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), System for Automated Geo-Scientific Analysis (SAGA) i Kosmo. [11]

En aquests projecte s'utilitza Qgis degut al seu nombre d'usuaris, sent aquest un dels software GIS més destacats a dia d'avui, a les seves prestacions i a la possibilitat d'afegir noves funcionalitats implementant plugins. El llenguatge de desenvolupament del plugin es en Python, llenguatge que s'ha utilitzat en el grau i per tant es té una certa experiència amb ell, reduint el temps d'aprenentatge. També podem aprofitar les seves eines per desenvolupar el plugin [8] (Selecció d'imatges carregades, obtindres informació etc.) .

3.2 Índexs espectrals

S'han proposat diferents classificacions dels índexs espectrals. Dependent de la característica principal a classificar, podem classificar els diferents índexs en diferents categories, segons les seves característiques comuns. Una categorització possible es per el nombre de bandes utilitzades en l'operació de l'índex espectral [12]. En base a questa categorització, els índexs es poden classificar en:

- Índexs que necessiten dos bandes de la imatge per realitzar un càlcul. Alguns exemples d'aquests índexs son Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil

Adjusted Vegetation Index (SAVI), Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI) etc [13].

- Índexs que necessiten tres bandes de la imatge per realitzar un càlcul. Alguns exemples daquests índexs son Transformed Chlorophyll Absorption Ratio Index (TCARI) , Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index (MCARI) etc [13].
- Índexs que necessiten quatre o més bandes de la imatge per realitzar un càlcul. En aquest cas es parlaria de combinacions de varis índexs espectrals.

També es poden classificar segons les aplicacions dels índexs espectrals. Aquesta classificació dels índex es realitza segons el que observen [14]. Algunes de les classificacions per aplicacions proposades en els índexs espectrals de vegetació son:

- La vitalitat de les plantes analitzades.
- La quantitat de nitrogen que contenen.
- La cel·lulosa de la vegetació.
- Anàlisis de la quantitat d'aigua i l'estrès produït per aquesta en la vegetació i si aquesta es utilitzada eficientment.

Més enllà d'aquests exemples, existeixen varies propostes de classificació dels índexs.

4 METODOLOGIA

Per desenvolupar aquest projecte s'ha realitzat una fase de recollida de informació i disseny on s'ha dissenyat el diagrama de classes del plugin complet i el prototip de interfície d'usuari. Després de la fase de recollida d'informació i disseny s'ha passat a la fase de desenvolupament. Aquest desenvolupament ha sigut incremental i iteratiu, tenint cada setmana unes funcionalitats a implementar i cada setmana hi havia una reunió per parlar sobre la feina realitzada, problemes trobats, i objectius de cara a la pròxima iteració.

S'ha decidit implementar tres versions del plugin per cobrir diferents necessitats de potencials usuaris, i per tindre una versió complerta i totalment funcional abans de passar a la següent versió, tenint així una base funcional per la següent versió. Cada versió te el seu prototip d'interfície d'usuari, amb diferents funcionalitats previstes.

Per guardar tota la documentació del projecte, actualitzar les diferents versions, i mantenir una copia de seguretat, el projecte compta amb un repositori. Aquest repositori esta realitzat amb Gitlab [15].

4.1 Fases del projecte

Les fases generals en que s'ha dividit el projecte son:

- Estudi de l'estat de l'art:** Recopilació de la informació necessària de l'àmbit del projecte per desenvolupar el plugin. Aquesta informació inclou les formules dels índexs espectrals implementats, informació sobre els sistemes d'informació geogràfica etc.

- **Estudi viabilitat:** Realització de proves per verificar les diferents funcionalitats que ens ofereix Qgis a l'hora d'implementar un plugin, tenint així una idea més clara a l'hora de dissenyar i implementar el plugin.
- **Elicitació i disseny del plugin:** Realització del disseny de la interfície d'usuari que tindrà el plugin, utilitzant prototips de la interfície d'usuari. Aquests prototips corresponen a cada versió del plugin, tenint d'aquesta manera tres prototips mostrant les funcionalitats de cada versió. Els prototips es van mostrar en un taller participatiu a diversos experts per millorar-ho i obtenir una versió final. Finalment s'inclou la realització d'un únic diagrama de classes per a tot el plugin, tenint les classes de la versió final del plugin en aquesta versió.
- **Implementació del plugin:** Desenvolupament de la primera versió del plugin en el sistema de informació Qgis. Aquesta versió disposa de la seva fase de validació per verificar que el plugin compleix amb els requisits establerts, tant per part de la interfície d'usuari, com la part de funcionalitats. Per ajudar a la verificació de les funcionalitats, s'inclou un diagrama de flux per assegurar que el plugin passa per totes les situacions pensades.
- **Fase de redacció:** Redacció de l'article sobre els resultats del plugin com de la presentació final.

4.2 Versions del plugin

Per realitzar la implementació del plugin s'han planificat tres versions del mateix. Aquestes versions disposen d'una sèrie de funcions base, que son validades abans de passar a la següent versió, tenint així una base vàlida per començar el desenvolupament de la següent versió. Aquestes versions son:

- Versió 1: El plugin bàsic de Qgis. L'objectiu d'aquesta versió és que pugui reconèixer quines imatges estan carregades per poder seleccionarles. Un cop seleccionada una imatge, el plugin ha de calcular els índexs espectrals a partir de les seves bandes espectrals corresponents. Finalment, ha de guardar la imatge resultant a disc i carregar-la a Qgis.
- Versió 2: El plugin amb l'opció generació i visualització d'un histograma dels valors d'un índex espectral per a una regió de la imatge seleccionada. Els valors dels índex que formaran l'histograma s'agafaran de les regions de la imatge de la que volem obtenir la informació.
- Versió 3: El plugin amb la capacitat de realitzar una comparació de diferents histogrames per a un índex espectral concret. Aplicant el coeficient de Bhattacharyya podem veure la superposició d'aquests histogrames, determinant així si un tractament és efectiu o no [5]. Els histogrames pertanyen a diferents regions de la mateixa imatge seleccionada.

5 DESENVOLUPAMENT

Un cop realitzada la cerca de la informació bàsica, s'ha procedit a la fase de desenvolupament del projecte, que ha constatat de les següents parts:

5.1 Estudi viabilitat

Abans de realitzar un disseny del plugin s'ha realitzat un estudi de viabilitat. En aquest estudi s'ha realitzat un plugin de Qgis de proves. L'objectiu d'aquest plugin era permetre provar i verificar les funcionalitats que ofereix Python a l'hora de treballar amb Qgis i obtenint idees per dissenyar el plugin i implementar les tres versions. Aquest estudi de viabilitat va permetre provar diferents recursos i eines que es podien aplicar a Qgis. A la figura 2 es mostra l'aspecte final d'aquest plugin de proves. Les funcionalitats que es van cercar i provar son:

- Eines per crear els arxius necessaris per a la creació del plugin en Qgis, creant automàticament les metadades i l'arxiu inicial.
- Eines per la creació de les finestres de diàleg que es mostraran al plugin. La creació de finestres es fa principalment amb l'eina QtDesigner, inclosa amb Qgis. Aquesta creació és necessària per a que les classes de diàleg puguin funcionar.
- Com agafar les capes raster carregades al plugin de Qgis. Inclou la detecció de les capes raster en Qgis i la selecció de la capa raster en el codi [16] [8].
- Com aprofitar els elements del quadre de diàleg creats amb anterioritat. Amb la creació i identificació dels elements del quadre de diàleg creat a QtDesigner, es poden crear les diferents funcions i recollir la informació que estigui marcada en el moment d'executar alguna funció específica [17] [18].
- Eines i mètodes per l'extracció d'informació necessària de la capa raster. Aquesta informació inclou el número de bandes, la seva identificació etc.
- Eines i mètodes per calcular els índexs espectrals amb diferents bandes espectrals d'una imatge multispectral, seleccionant les bandes necessàries.

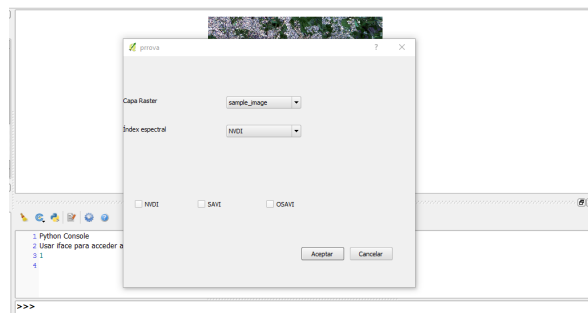


Fig. 2: Interfície general del plugin utilitzat per realitzar l'estudi de viabilitat de Python amb Qgis.

Com a prova apart, s'ha provat la forma de calcular un índex espectral seleccionat a una determinada capa raster. En aquest punt s'han trobat dos opcions a l'hora

d'implementar-ho: La primera opció que s'ha trobat és utilitzar les eines que la API de PyQgis ens proporciona per calcular amb les bandes espectrals. Amb aquesta funció podem definir les diferents bandes a la funció així com la operació a realitzar [16].

La segona opció es utilitzar la llibreria és Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) [19]. GDAL és una llibreria que ens permet llegir, crear i modificar les capes raster que seleccionem en el plugin i dades geoespacial carregades. Amb aquesta llibreria podem arribar a extreure els valors de cada píxel de la banda determinada d'una imatge seleccionada en un array. Això serveix tant per aplicar les operacions de l'índex spectral i crear la imatge resultant, com per comparar i aplicar operacions a la mateixa array.

Els dos mètodes descrits creen una imatge resultant. Aquesta imatge és la mateixa per els dos mètodes, amb els mateixos valors en els píxels. Es va decidir en un principi utilitzar GDAL per realitzar els càlculs, al ser més complert, però per problemes derivats del seu ús, la versió actual utilitza l'opció de l'API de PyQgis.

5.2 Elicitació i disseny

Aquesta fase es va dividir en diferents tasques. Es va realitzar diferents prototips de la interfície d'usuari de les tres versions del plugin a realitzar, realitzats amb l'eina Pencil [20], una eina que ens permet realitzar varis prototips de la interfície d'usuari del plugin i exportar-los a un arxiu HTML per simular una interacció de com es comportaria el plugin. Cada versió del prototip consta d'una sèrie de pantalles que simulen el funcionament de cada versió del plugin. Aquests prototips es van mostrar a varis experts agrònoms en un taller participatiu, on van poder simular el funcionament. Durant aquesta reunió, es van comentar possibles millores de la interfície d'usuari, i es va validar aquesta interfície. En l'apèndix 1 es troba la finestra principal dels tres prototips del plugin.

Es va realitzar el disseny de classes global del plugin. El disseny d'aquest plugin, esta realitzat per a que pugui ser escalable a l'hora de afegir nous índexs espectrals al plugin. Aquest diagrama de classes es pot veure en l'apèndix 2. Les classes que es tenen en compte son :

- **Índex:** Aquesta classe és la que gestionar els diferents índexs espectrals, que estaran dividits en dos classes. Aquells que necessiten un paràmetre extra per a funcionar, més enllà de les bandes de la imatge, i els que només necessiten les bandes de la imatge. Cada índex té definits dos funcions, validar els índexs espectrals amb les bandes carregades, i realitzar el càlcul del propi índex.
- **Raster:** Gestiona les funcions que es realitzen amb les capes raster. Aquesta classe s'encarrega d'iniciar les operacions que es demanin sobre la imatge multiespectral seleccionada i de carregar les imatges creades.
- **Diàleg Selecció:** Aquesta és la classe que gestiona el menú principal del plugin La classe obté aquesta interfície i la carrega a Qgis, afegint les funcionalitats necessàries als botons d'aquest, mitjançant PyQt. PyQt és la versió per Python de la llibreria QT. Aquesta llibreria ens permet programar les funcions de la interfície del plugin al realitzar diferents accions en la

interfície, i gestionar els elements d'aquesta [17] [18]. Aquesta classe hereta les funcions de la classe QDialog que ofereix Qgis, heretant varis mètodes de gestió del quadre de diàleg.

- **Diàleg Paràmetres:** Gestiona el diàleg que es mostra quan l'usuari vol calcular un índex spectral que requereix un paràmetre extra. En aquest cas, la funció principal d'aquesta classe és retornar el valor del paràmetre escollit per l'usuari.
- **Vectorial:** Gestiona les diferents capes vectorials que pot tenir la imatge. Aquestes capes vectorials delimitaran les diferents regions que volem comparar en les versions 2 i 3, per comprovar l'eficàcia dels tractaments dels cultius .
- **Regió:** Gestiona les diferents regions que es creen per les capes vectorials, delimitant així cada regió que ens interessi comparar per analitzar l'eficàcia dels tractaments. Cada regió conte una sèrie de propietats que es poden determinar , com quin tipus de tractament s'ha utilitzat, nom etc.

5.3 Implementació

Un cop realitzat el disseny de classes s'ha passat al desenvolupament del projecte. Primer de tot es van crear els arxius obligatoris del plugin. Per poder executar un plugin a Qgis, es requereix la creació d'uns arxius específics per a Qgis. Sense aquests arxius, cada cop que es carregués el plugin a Qgis, fallaria [8]. Aquests arxius obligatoris son:

- **Metadades del plugin:** Aquest arxiu conte les dades que contenen informació general del propi plugin de Qgis. Aquesta informació fa referència a:
 - Nom del plugin.
 - Versió mínima de Qgis.
 - Nom del autor.
 - Descripció sobre el plugin.
 - Versió del plugin.
 - Correu electrònic de l'autor.
 - Repositori principal del plugin
- **Arxiu init :** Aquest arxiu és necessari per poder crear la instància del plugin cada cop que es vulgui carregar aquest.

S'ha implementat la primera versió del plugin. Per a l'especificació de funcionalitats que té aquesta primera versió, s'ha realitzat un diagrama de flux. Aquest diagrama detalla les diferents funcionalitats que disposa aquesta primera versió. La visualització d'aquest diagrama es troba en el apèndix 3.

Primer de tot s'ha creat la interfície d'usuari del plugin a partir de les modificacions suggerides en la fase d'elicitació i disseny. La interfície d'usuari final de la versió 1 es mostra a la figura 3.

La primera acció que haurà de realitzar un usuari, serà de seleccionar una capa raster. Per a que un usuari pogués realitzar aquesta acció, es va implementar una funcionalitat

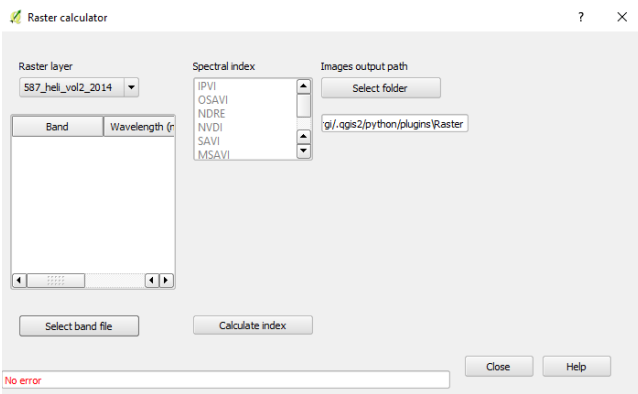


Fig. 3: Interfície final de la primera versió del plugin implementat a Qgis.

al plugin per reconèixer les imatges. Aquest reconeixement agafa les capes raster que estiguin carregades a Qgis i els introdueix en una llista desplegable de la finestra creada amb QtDesigner.

Un cop l'usuari ha seleccionat la capa raster que vol utilitzar, el plugin fa automàticament una comprovació de les bandes espectrals que té la imatge. La comprovació s'executa quan es selecciona la capa raster, i comprova que el número de bandes que té la nova imatge sigui igual que el número de bandes anterior. Si ho són, es mantenen les bandes carregades. Si no és així, es buida la llista de bandes, i els índexs es posen en mode no calculable.

Per a que el plugin pugui determinar si els índexs espectrals són calculables necessita els valors de la longitud d'ona de la imatge. Donat a que no es podien extreure els valors d'aquestes longituds d'ona a partir del Qgis, s'ha implementat una funció per a carregar aquestes bandes a partir d'un arxiu. L'usuari haurà de carregar un fitxer TXT que tingui els valors de la longitud d'ona per cada banda, separats per un espai. Donat a que el número de bandes per una imatge no sempre és el mateix, s'ha introduït un control d'errors del arxiu. Un cop s'ha seleccionat el arxiu TXT que es vol carregar, el plugin mira cada element del arxiu de bandes. Si el número de bandes de la imatge no coincideix amb el número de bandes de l'arxiu seleccionat, no es carrega l'arxiu TXT al plugin. Aquest control d'errors també controla que la informació introduïda en l'arxiu sigui vàlida, i no hi hagin valors alfabètics, símbols etc.

Si l'arxiu és vàlid, el plugin emmagatzema les seves dades, i les mostra a la taula. El plugin assigna les longituds d'ona a les bandes en ordre de l'arxiu. (Assignant a la banda 1 el primer número de l'arxiu com a longitud d'ona, i així.)

Un cop s'hagin validat les dades, s'ha de comprovar si amb els valors de les longituds d'ones carregades es poden realitzar els càlculs amb els índexs espectrals implementats. El plugin verifica que es pugui donar aquesta operabilitat, sent diferent en cada índex. Per tant cada classe dels índexs espectrals hi ha un mètode de validació per verificar que la operació es pot realitzar. Cada índex té definits un interval per cada banda que utilitza en la seva expressió aritmètica que representa la longitud d'ona vàlida per aquell operant. Amb aquests intervals definits, cada índex comprova si hi ha al menys una combinació de bandes que permeti realitzar el càlcul de l'índex spectral. Un cop que es realitza la

comprovació, aquells índex que són calculables apareixen en color negre, mentre que aquells que no siguin calculables apareixeran de color gris. A la figura 4 es mostra com queda la interfície després de carregar un arxiu de bandes espectrals.

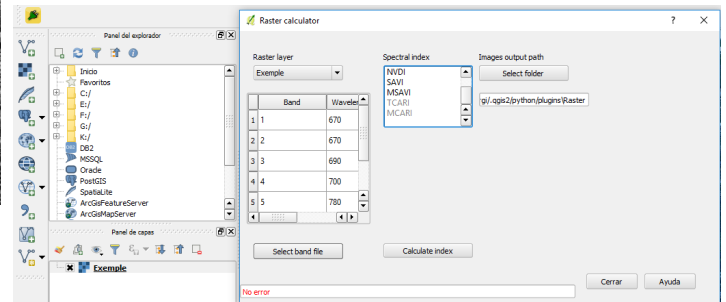


Fig. 4: Aspecte de la interfície després de carregar un arxiu de bandes. En aquest cas els índex TCARI i MCARI no són calculables.

Un cop s'ha carregat l'arxiu de bandes espectrals, l'usuari ha de seleccionar la ruta de sortida de la imatge resultant de l'índex spectral. Mitjançant una finestra de selecció, l'usuari selecciona una carpeta de destí de les imatges. El plugin registrarà la ruta de la carpeta destí fins que es canviï la ruta.

Un cop estiguin tots els elements anteriors, l'usuari ha de seleccionar un índex spectral de la caixa del diàleg. L'índex seleccionat serà guardat per més endavant. Un cop seleccionat, l'usuari ha de premer el botó de calcular índex. Primer de tot el plugin comprova que l'usuari ha seleccionat els elements anteriors (Les bandes espectrals, l'índex spectral, i la ruta del arxiu) i que aquests siguin vàlids, es a dir, que no es seleccioni un índex spectral invàlid o una ruta de sortida no existent. Si tots els elements són vàlids, el plugin calcularà l'índex spectral seleccionat de la capa raster seleccionada. Si aquest índex necessita de paràmetres extres, apareixerà un missatge per poder introduir-los. Dependent de les bandes que siguin vàlides per l'índex, el plugin realitza una o varies combinacions de càlcul. Aquestes combinacions estan formades per les possibles bandes que es poden utilitzar, determinades per la seva longitud d'ona (Definida pel TXT). Totes les imatges generades es guarden a la ruta, amb el format de nom {Nom Imatge}_{Índex seleccionat}_{Banda1}_{Banda2}... {BandaX}[_ {Paràmetres extres}].tif. Per exemple la imatge "sample_image_NDVI.3_4.tif" indica que la imatge escollida és sample_image, que s'ha utilitzat l'índex NDVI i que s'han utilitzat les bandes 3 i 4 com a operants per fer l'operació. El càlcul es realitza amb les funcions de la llibreria de PyQgis. Un cop s'hagin calculat tots els possibles resultats dels índexs espectrals, el plugin carrega els resultats a Qgis a partir de la ruta creada en el càlcul. S'ha implementat un control d'arxius per comprovar que la imatge que es vol carregar no hagi sigut carregada amb anterioritat i evitar que la interfície Qgis estigui sobrecarregada de la mateixa imatge. En la figura 5 es mostra l'aspecte general del Qgis quan el plugin calcula els índexs espectrals.

Si l'usuari necessita ajuda per utilitzar el plugin o afegir nous índex, pot clicar el botó d'ajuda. Aquests botó obre una pàgina HTML emmagatzemada amb el plugin mostrant l'ajuda del plugin. Actualment, tal i com es mostra en la

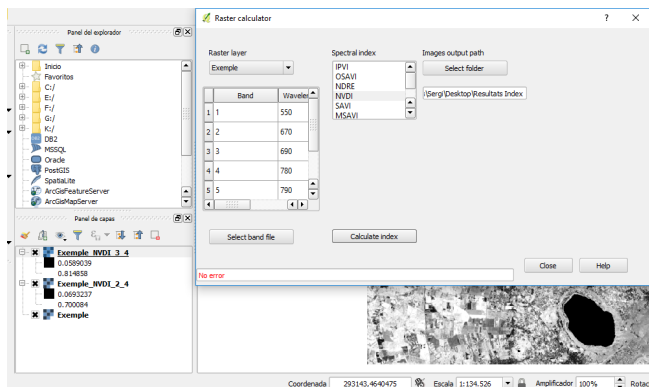


Fig. 5: Aspecte de Qgis un cop ha finalitzat el càlcul de l'índex espectral, mostrant les imatges resultants a la interfície de Qgis.

figura 6, el text actual és per defecte.

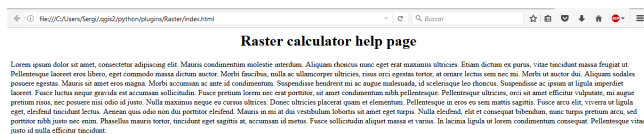


Fig. 6: Pàgina d'ajuda del plugin en format HTML.

Els índexs espectrals programats per aquesta versió es troben en l'annex 5.

5.4 Proves

Mitjançant el diagrama de flux creat, s'han plantejat els possibles camins que pot fer el plugin, determinat per les accions de l'usuari. Amb aquest diagrama, es van plantejar totes les possibilitats que podien donar en la primera versió. D'aquesta manera s'ha assegurat que el plugin tingues tots els camins coberts, sense que donés cap error o que el plugin no es comportés com s'esperava. S'han estipulat que hi han 8 camins crítics per provar completament el plugin i assegurar-se de que no hi ha cap error sense controlar. En l'annex 4 es poden trobar els camins utilitzats i les proves realitzades.

6 RESULTATS

Els resultats concrets del projecte és poden categoritzar en els següents grups d'objectius:

1. Recollida d'informació i estudi de viabilitat

- S'ha realitzat un estudi de l'estat del art on s'ha comprès millor l'agricultura de precisió, els sistemes GIS i els índexs espectrals de vegetació.
- Implementació d'una versió preliminar del plugin, per poder validar la viabilitat i les capacitats per desenvolupar un plugin Qgis.

Aquesta feina ha satisfet els subobjectius 1 i 2 al reunir part dels requisits del projecte.

2. Elicitació i disseny del plugin:

- S'ha introduït el disseny de classes del plugin. Aquest mostra la relació entre classes del plugin i l'estructura d'aquest.
- Prototips de la interfície gràfica mitjançant l'eina Pencil. Aquests prototips corresponen a l'aspecte principal que tindrien els plugins de les tres iteracions del plugin. Els prototips s'han utilitzat en un taller d'elicitació, obtenint com a resultat l'especificació funcional del plugin i la seva interfície

Aquesta feina ha satisfet el subobjectiu 2 del projecte.

3. Implementació i prova del plugin en el sistema d'informació Qgis:

- S'ha implementat el 1er dels 3 plugins dissenyats i especificats. Aquest plugin permet seleccionar una capa raster carregada i calcular un determinat índex espectral. Aquesta versió del plugin ha passat per una fase de proves per assegurar que funciona.
- Un diagrama de flux que permet revisar les diferents opcions que l'usuari pot prendre. Aquest diagrama s'utilitza per assegurar que el plugin té coberts tots els camins possibles.
- S'ha realitzat la prova sistemàtica del plugin, utilitzant el diagrama de flux per analitzar els diferents casos d'us del plugin realitzant una cobertura de camins del diagrama de flux. Amb aquesta cobertura de camins s'han detectat els problemes que no estaven coberts en el plugin a l'hora d'implementar-lo i s'han corregit els problemes.

Aquesta feina ha satisfet els subobjectius 3 i 4 del projecte.

7 CONCLUSIONS

En aquest projecte s'ha dissenyat i desenvolupat un plugin pel sistema de informació geogràfica Qgis que permet el càlcul i la visualització d'índexs de vegetació en imatges multispectrals. El plugin facilita aquesta tasca filtrant els índexs espectrals que no es poden calcular donada una imatge seleccionada. El resultat obtingut es grava a disc en imatges anomenades per facilitar-ne l'anàlisi posterior.

Per assolir aquest objectiu principal s'ha reunit la informació sobre l'estat de l'art del de l'agricultura de precisió, els índexs espectrals i els GIS satisfactoriament. També s'han establert la recollida de requisits, així com el disseny de prototip de les tres versions, el disseny de classes del plugin, i el diagrama de flux.

El plugin implementat és la primera de les tres versions especificades i dissenyades. En aquesta primera versió s'han complert els objectius d'aconseguir que Qgis detecti el plugin, la selecció de paràmetres, reconeixement de les capes raster i el càlcul de l'índex espectral seleccionat.

Malgrat que inicialment es va planificar la implementació de tres versions del plugin, es va constatar que la implementació de la versió 1 exigia molt més temps que el disponible pel projecte. El temps dedicat a la implementació i les proves de la primera versió del plugin ha requerit tot el temps previst per fer les 3 versions i es va tenir que descartar les versions 2 i 3.

El treball d'aquests TFG es podria estendre implementant la versió 2 i de la versió 3 del plugin, descrites a l'apartat metodologia.

També es podria completar el sistema d'ajuda del plugin, per especificar als usuaris les comandes bàsiques del plugin i instruccions si algun usuari vol introduir un índex espectral nou al plugin.

Altres extensions del treball serien:

- Afegir nous índexs de vegetació al plugin.
- Afegir els diàlegs per ajustar interactivament els paràmetres addicionals que tinguin.

AGRAÏMENTS

Aquest treball s'ha realitzat amb el suport dels projectes FireDMMI (TIN2014-56919-C3-2-R) i LIFE+FUTUR AGRARI (LIFE 12-ENV/ES/000647). Voldria agrair a en Carlos Ortiz i en Francesc Domingo del departament d'agricultura de Catalunya per la seva participació en el disseny del plugin amb el taller d'elicitació. Finalment agrair al meu tutor, en Daniel Ponsa Mussarra per les idees, recomanacions i consells donats al llarg de tot aquest projecte.

REFERÈNCIES

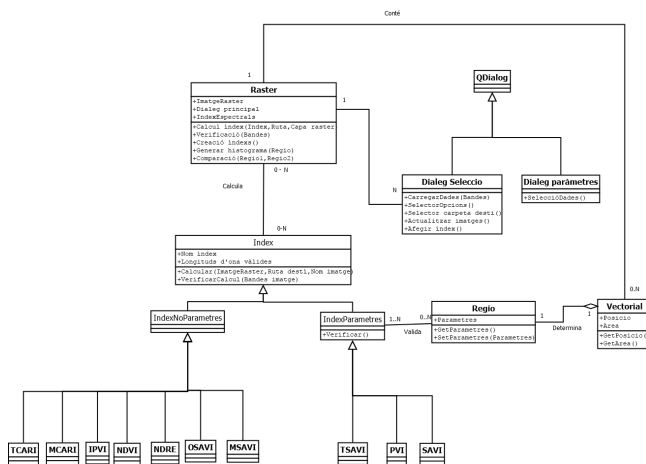
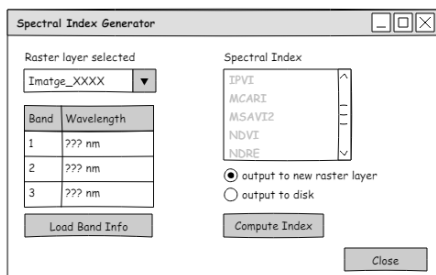
- [1] Varis autors "El uso de drones para la agricultura" <http://www.agrosintesis.com/5010/uso-drones-la-agricultura/> (Últim accés 21/6/2017)
- [2] Fundació vasca per la seguretat agroalimentaria "Drones y su uso en la agricultura" http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo1388/Berezi_35_drones_y_sus_usos_en_agricultura.pdf (Últim accés 21/6/2017)
- [3] Varis autors: "Interpreting optical remote sensing images" http://www.crisp.nus.edu.sg/research/tutorial/opt_int.htm (Últim accés 06/6/2017)
- [4] Fintan Corrigan: "Multispectral Imaging Drones In Farming Yield Big Benefits" <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/multispectral-sensor-drones-in-farming-yield-big-benefits/> (Últim accés 06/6/2017).
- [5] Jerónimo Fernández Álvarez: "Herramienta de soporte para el análisis de nitrogenado de cultivos". Article de Treball Final de Grau d'enginyeria informàtica Juliol 2016
- [6] Varis autors "Página principal Qgis" <http://qgis.org/es/site> (Últim accés 23/6/2017).
- [7] Varis autors. "Web oficial de Python" <https://www.python.org/> (Últim accés 21/6/2017)
- [8] Varis autors: "Guia per desenvolupadors PyQgis" http://docs.qgis.org/2.14/es/docs/pyqgis_developer_cookbook/ (Últim accés 06/6/2017)
- [9] Varis autors "Modelos para la información geográfica" Http://Voyala.github.io/librosig/chapters/tipos_datos.html#tipos_datos (Últim accés 21/6/2017)
- [10] Varis autors "Commercial GIS software: List of commercial mapping software" <http://gisgeography.com/commercial-gis-software/> (Últim accés 23/6/2017).
- [11] Stefan Steiniger, Erwin Bocher "An Overview on Current Free and Open Source Desktop GIS Developments" *International Journal of Geographical Information Science* volum 23 pàgina 1345-1370 any 2009
- [12] Jochem Verrelst, Gustau Camps-Valls, Jordi Muñoz-Marí, Juan Pablo Rivera, Frank Veroustraete, Jan G.P.W. Clevers, José Moreno "Optical remote sensing and the retrieval of terrestrial vegetation biophysical properties – A review" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* volum 108 pàgina 273-290 any 2009
- [13] Varis autors: "Alphabetical List of Spectral Indices" <http://www.harrisgeospatial.com/docs/AlphabeticalListSpectralIndices.html> (Últim accés 06/6/2017)
- [14] Varis autors "List of available applications" <http://www.indexdatabase.de/db/a.php> (Últim accés 21/6/2017)
- [15] Varis autors "Web oficial de Gitlab" <https://about.gitlab.com/> (Últim accés 21/6/2017)
- [16] Varis autors: "Gdal API" <http://gdal.org/index.html> (Últim accés 06/6/2017)
- [17] Varis autors: "API PyQt" <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/classes.html> (Últim accés 06/6/2017)
- [18] Varis autors: "Tutorial PyQt" <https://www.tutorialspoint.com/pyqt/index.htm> (Últim accés 06/6/2017)
- [19] Varis autors: "Gdal API" <http://gdal.org/index.html> (Últim accés 06/6/2017)
- [20] Varis autors "Web oficial de Pencil" <http://pencil.evolus.vn/> (Últim accés 21/6/2017)

APÈNDIX

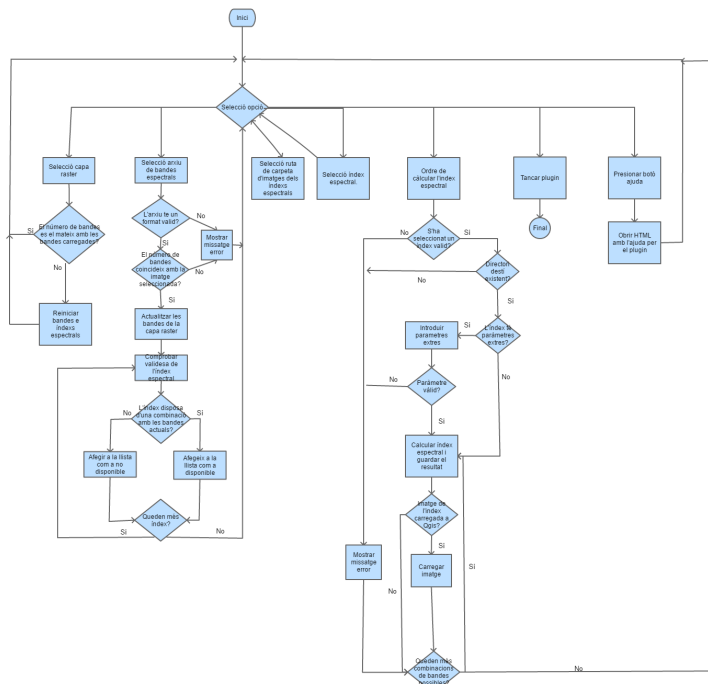
A.2 Diagrama de classes del plugin

A.1 Prototips del plugin

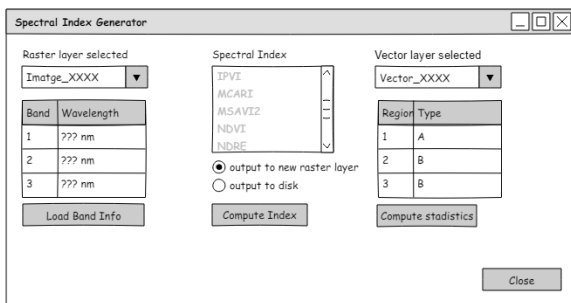
A.1.1 Finestra principal de la primera versió del plugin



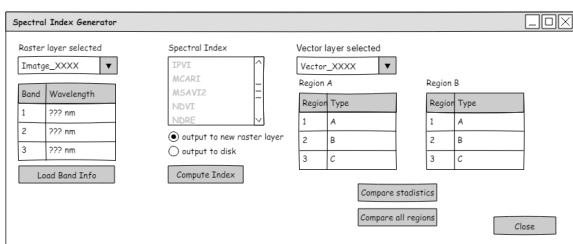
A.3 Diagrama de flux del plugin



A.1.2 Finestra principal de la segona versió del plugin



A.1.3 Finestra principal de la tercera versió del plugin



A.4 Proves realitzades

Els camins crítics necessaris per realitzar les proves són:

- Execució normal del plugin, amb un índex sense paràmetres extres i que tingui tant bandes vàlides com no vàlides, amb dos resultats per índex, i fent la mateixa operació una segona vegada. Un cop fetes les operacions, obrir el sistema d'ajuda del plugin i tancar el plugin.
- Canvi de la imatge seleccionada amb les bandes diferents que la carregada anteriorment.
- Carregar un arxiu de bandes espectrals amb un format invàlid.

- Carregar un arxiu de bandes espectrals amb un número de bandes diferents a les de la imatge seleccionada actualment.
- Seleccionar un índex espectral que no es calculable.
- Utilitzar una ruta no vàlida com a sortida dels càlculs.
- Executar un índex espectral amb paràmetres extres vàlids.
- Executar un índex espectral amb paràmetres extres invàlids.

Les proves realitzades al plugin van ser:

- Execució del programa sense introduir paràmetres erronis.
- Execució de càlcul d'un índex sense seleccionar arxiu de bandes.
- Carregar un arxiu amb un número de bandes diferents al de la capa raster seleccionada.
- Carregar un arxiu amb una banda no vàlida (Com per exemple, un caràcter enlloc d'un número).
- Si no es selecciona cap arxiu TXT.
- Calcular l'índex amb una carpeta de destí no existent.
- Calcular un índex amb paràmetres extres, posant un paràmetre no vàlid o inexistent.
- Execució de càlcul d'un índex sense seleccionar l'índex a utilitzar.
- Repetir el mateix càlcul amb la mateixa imatge.

A.5 Índexs espectrals implementats

Infrared Percentage Vegetation Index	IPVI	$\frac{Nir}{Nir+Red}$
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{Nir-Red}{Nir+Red}$
Normalized Difference Red Edge Index	NDRE	$\frac{Nir-RedEdge}{Nir+RedEdge}$
Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	OSAVI	$1.5 \frac{Nir-Red}{Nir+Red+0.16}$
Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	$1 + L \frac{Nir-Red}{Nir+Red+L}$
Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2	MSAVI2	$\frac{(2Nir+1) - \sqrt{(2Nir+1)^2 - 8(Nir-Red)}}{2}$
Transformed Chlorophyll Absorption Ratio Index	TCARI	$3((RedEdge - Red) - 0,2(RedEdge - Green) \frac{RedEdge}{Red})$
Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index	MCARI	$(RedEdge - Red) - 0,2(RedEdge - Green) \frac{RedEdge}{Red}$