

RESUM DE LA MEMÒRIA DEL TFG

El treball realitzat per a aquest projecte consisteix en el desenvolupament d'una aplicació per a Android que permet enregistrar un individu cantor de cigala i, mitjançant l'anàlisi del fitxer de so obtingut, determinar de quina espècie de cigala es tracta. Per entendre la motivació que hi ha darrere la realització d'aquest treball, cal conèixer primer el context en què s'emmarca, el qual s'explicarà a continuació.

Les cigales són un grup taxonòmic encara molt desconegut tant a nivell de Catalunya com a Europa en general. A molts països europeus, Catalunya inclosa, la informació sobre la seva distribució és molt limitada, i pràcticament desconeguda per a les espècies menys comunes. L'única llista existent d'espècies de cigala a Catalunya data del 1920 i, a part de ser força incompleta, utilitza una taxonomia actualment obsoleta. És per això que el Grup de Recerca en Biologia Animal de la Universitat de Girona està treballant en la confecció d'un nou mapa de distribució de les poblacions de les diferents espècies de cigala a Catalunya, basant-se en les observacions confirmades fins al moment i en les dades que ja ha començat a aportar la ciència ciutadana. Tot i això, els mapes dels quals es disposa actualment són clarament incomplets per a totes les espècies, que amb total seguretat tenen una distribució més àmplia de la que aquests mostren. Així mateix, també hi ha quatre espècies de cigala que encara no s'ha trobat a Catalunya però, bé perquè n'hi ha al sud de França, bé perquè n'hi ha al nord del País Valencià, cal cercar-les a Catalunya per comprovar si les seves poblacions s'estenen també pel nostre país.

Quant al que es pot fer per contribuir a millorar el coneixement d'aquests insectes, és evident que l'única manera viable de mostrejar tot el nostre territori és mitjançant la ciència ciutadana, és a dir, a través de la col·laboració de naturalistes tant aficionats com experimentats que comparteixin les seves observacions, en aquest cas utilitzant la plataforma www.ornitho.cat. És per això que es va considerar que una aplicació que permetés identificar les cigales al camp de manera simple i intuïtiva podia suposar una ajuda important de cara a aconseguir més contribucions i a augmentar-ne la fiabilitat.

Atès el propòsit de l'aplicació, les espècies que s'ha tingut en compte són totes aquelles amb presència real o potencial a Catalunya, és a dir, tant les que ja s'ha detectat algun cop com aquelles de les quals no hi ha cap observació coneguda però no se'n descarta la presència en alguna regió. L'aplicació és capaç de distingir, si les condicions de l'enregistrament així ho permeten, qualsevol d'aquestes espècies, tant aquelles que es pot diferenciar auditivament sense problemes com aquelles per a les quals es necessita una anàlisi informàtica per poder identificar-les. La idea és, per tant, que pugui ser útil tant per al públic sense coneixements dels cants, per als quals la identificació de qualsevol espècie pot ser una ajuda, com per a experts que, malgrat conèixer els cants, sentin una cigala del gènere *Tibicina* (impossibles d'identificar incontrovertiblement emprant tan sols el nostre sentit auditiu) i no aconseguixin visualitzar-la.

Quant a la interacció amb l'usuari, l'aplicació és simple i intuïtiva, i permet, amb només uns pocs clics, realitzar un enregistrament de so i analitzar-lo. Un cop finalitzada la gravació, el fitxer resultant és processat i es dona un resultat, el qual consta, en cas que s'hagi pogut identificar el cant amb èxit, del nom de l'espècie a la qual pertany l'individu gravat i del nivell de semblança entre el cant enregistrat i el de l'espècie en qüestió. En cas que s'hagi trobat coincidències amb dues espècies, totes dues són mostrades amb els seus respectius nivells de semblança (per exemple: *Tibicina garricola*: 97%, *Tibicina quadrisignata*: 18%).

L'aplicació també ofereix la possibilitat de consultar les característiques principals de cada espècie, així com exemples de gravacions nítides del seu cant, amb la intenció d'ajudar a l'usuari a poder identificar-les pel seu compte. Quant als idiomes, el català és la llengua per defecte, però s'ofereix també la possibilitat d'utilitzar l'aplicació en anglès, castellà o francès, amb l'objectiu de fer-la accessible a la pràctica totalitat dels observadors de fauna a Catalunya.

Els passos que s'ha seguit en la realització d'aquest treball són els següents:

- Estudi dels requeriments de l'aplicació i disseny de la seva estructura
- Obtenció de gravacions de cigales, en part a partir del contacte amb diversos cigalòlegs europeus, i anàlisi de les seves característiques
- Implementació de l'eliminació automàtica del soroll als enregistraments:

Aquest és el primer apartat que es va implementar ja que, per poder analitzar els cants i determinar-ne les semblances amb cada espècie, és necessari saber primer quines parts del fitxer contenen el cant i que aquest es presenti de la manera més nítida possible. El primer pas és el de llegir les amplituds respecte del temps contingudes a la gravació, les quals serviran per identificar les iteracions de cant de l'individu enregistrat, així com la pràctica totalitat de les característiques del cant.

Un cop es té la llista d'amplituds en domini temporal del fitxer d'àudio i es coneix l'espai de temps que ocupa cada valor d'amplitud, el proper pas és calcular la transformada de Fourier per obtenir la llista d'amplituds en domini freqüencial, és a dir, l'amplitud del cant per cada unitat de freqüència en lloc de per cada unitat de temps. Amb aquesta llista es pot saber quines són les freqüències que es manifesten amb més potència a la gravació, que seran, sempre que el soroll sigui raonable, les del cant de cigala que es vol identificar. En altres paraules, el resultat obtingut permet conèixer de manera aproximada l'espectre freqüencial del cant enregistrat.

Havent calculat la transformada, el següent pas és eliminar el soroll de la gravació. Amb aquest propòsit, es determina les freqüències de tall del cant, és a dir, entre quines freqüències es considera que les dades no són soroll. No hi ha unes freqüències de tall definides i comunes a tots els fitxers, sinó que es va implementar un algorisme per calcular-les automàticament a partir dels valors d'amplitud en domini freqüencial de la gravació. Per eliminar el soroll s'aplica un filtre freqüencial que, a partir d'aquestes freqüències de tall, silencia tots els sons que es considera que no pertanyen al cant de cigala. En els casos en què hi ha individus de diferents espècies de cigala cantant en un mateix enregistrament, s'elimina el cant de l'individu més allunyat i se centra en identificar el que canta més de prop.

Finalment, abans de començar l'anàlisi, atesa la poca potència amb què els enregistradors dels mòbils capten els sons emesos a distància, s'amplifica el cant tant com sigui possible sense distorsionar-ne els valors de manera significativa.

- Implementació de l'anàlisi del fitxer de so i extracció de paràmetres del cant

Com a resultat de l'anàlisi de les mostres de cants de cigala de les quals es disposava abans d'implementar aquesta part de l'aplicació, es va poder determinar quines

característiques s'havia d'analitzar per poder dur a terme la identificació posterior. També es va tenir en compte la bibliografia que ja hi havia sobre algunes característiques dels cants de determinades espècies. D'entre els paràmetres que es va decidit analitzar, n'hi ha que són útils per diferenciar dues espècies, n'hi ha que directament permeten classificar la cigala enregistrada en un grup d'espècies i fins i tot hi ha vegades en què la combinació de dues o tres característiques ja és diagnòstica per si sola d'una espècie concreta. El que es fa, doncs, és analitzar el cant per tal d'assignar un valor a tots els paràmetres que s'ha considerat útils per a la identificació.

S'ha avaluat múltiples característiques dels cants, algunes d'específiques de la tipologia del cant que s'analitza i d'altres de genèriques, d'entre les quals les més rellevants per a la identificació final són la durada del cant, la durada dels silencis entre diferents iteracions de cant, la freqüència d'emissió del cant i el nombre de grups de polsos per segon que s'emet durant el cant.

– Implementació del sistema d'identificació i proves d'execució

Un cop s'ha calculat tots els paràmetres considerats útils per a la identificació, el següent pas és utilitzar-ne els valors per determinar el nivell de semblança del cant analitzat amb els de totes les espècies de cigala amb presència coneguda o potencial a Catalunya. Amb aquest objectiu, s'especifica una sèrie de condicions que un cant ha de complir per poder pertànyer a cadascuna d'aquestes espècies, amb una restrictivitat major o menor en funció de la mesura en què cada característica és definidora de l'espècie. El nivell de semblança amb cada espècie es determinarà a partir del grau de compliment de les condicions que requereix l'espècie en qüestió.

- Disseny de la interfície de l'aplicació per a mòbil
- Desenvolupament de l'aplicació per a Android
- Redacció de les descripcions de les espècies de cigala tractades, incloent-hi identificació, hàbitat, fenologia i cant
- Obtenció de fotografies de cigala per a l'aplicació, incloent-hi tant la imatge de referència de cada espècie com les necessàries per il·lustrar-ne els trets distintius
- Traducció de l'aplicació per a Android als idiomes castellà, anglès i francès

A continuació es mostrarà els resultats d'identificació obtinguts a partir de l'anàlisi de les gravacions de les quals s'ha disposat. Amb la finalitat de simplificar-ne la lectura, es descriurà simplement el nivell d'incert de l'aplicació en base a l'espècie per a la qual s'ha trobat un nivell de semblança més alt a cada enregistrament:

Espècie	Veritables positius	Falsos negatius	Veritables negatius	Falsos positius
<i>Cic or</i>	78/81 (96.30%)	3/81 (3.70%)	347/349 (99.43%)	2/349 (0.57%)
<i>Cic bar lus</i>	30/36 (83.33%)	6/36 (16.67%)	393/394 (99.75%)	1/394 (0.25%)
<i>Cic atr</i>	41/42 (97.62%)	1/42 (2.38%)	386/388 (99.48%)	2/388 (0.52%)

<i>Cic bre</i>	51/56 (91.07%)	5/56 (8.93%)	374/374 (100.00%)	0/374 (0.00%)
<i>Cic cer</i>	18/18 (100%)	0/18 (0%)	409/412 (99.27%)	3/412 (0.73%)
<i>Hil var</i>	4/4 (100%)	0/4 (0%)	424/426 (99.53%)	2/426 (0.47%)
<i>Lyr ple</i>	30/32 (93.75%)	2/32 (6.25%)	396/398 (99.50%)	2/398 (0.50%)
<i>Tet arg</i>	27/27 (100%)	0/27 (0%)	403/403 (100%)	0/403 (0%)
<i>Tet pyg</i>	42/45 (93.33%)	3/45 (6.67%)	380/385 (98.70%)	5/385 (1.30%)
<i>Tib cor fai</i>	15/17 (88.24%)	2/17 (11.76%)	413/413 (100%)	0/413 (0%)
<i>Tib gar</i>	8/10 (80.00%)	2/10 (20.00%)	418/420 (99.52%)	2/420 (0.48%)
<i>Tib hae</i>	21/22 (95.45%)	1/22 (4.55%)	408/408 (100%)	0/408 (0%)
<i>Tib qua</i>	16/18 (88.89%)	2/18 (11.11%)	411/412 (99.76%)	0/412 (0.24%)
<i>Tib tom</i>	20/22 (90.91%)	2/22 (9.09%)	406/408 (99.51%)	2/408 (0.49%)

La valoració general dels resultats de semblança obtinguts és molt positiva. D'una banda, corroboren que hi ha espècies per a les quals la identificació és molt més precisa que per a altres; no obstant, en tots els casos existeix una diferència substancial entre l'espècie a la qual correspon l'individu enregistrat i qualsevol altra. Encara que aquest punt pugui semblar trivial, s'ha de tenir en compte que hi ha espècies els cants de les quals només poden ser distingits mitjançant la seva anàlisi informàtica, gràcies a diferències subtils que poques vegades es manifesten de manera evident a les gravacions, atès que quasi sempre hi ha algun factor que altera mínimament el so o bé aquest no pot ser captat amb la precisió necessària.

D'altra banda, és primordial precisar que una bona part dels enregistraments dels quals s'ha disposat estan fets per cigalòlegs amb aparells especialitzats que aconsegueixen una potència i una qualitat del so netament superiors als que es pot obtenir amb un telèfon mòbil corrent. És per això que s'estima que la proporció de gravacions inservibles per a la identificació per motius de potència serà clarament més elevada en l'ús de l'aplicació al camp que dins de les mostres que s'ha analitzat per al treball. Així mateix, també és probable que, per aquest mateix motiu, algunes característiques dels cants quedin menys definides, si no emmascarades, en una proporció de gravacions major que la que s'ha trobat a les ja analitzades. Tenint en compte això i el fet que es compta amb escasses mostres d'algunes espècies en concret, encara que els resultats obtinguts presentin un alt percentatge d'encert es considera que el més prudent seria utilitzar els nivells de semblança que dona l'aplicació com a una dada de suport o criteri addicional, i no confiar-hi cegament a no ser que siguin meridianament clars. Un resultat inequívoc podria ser aquell que mostri coincidències amb una sola espècie, amb un nivell de semblança no inferior a un 85% i per a un enregistrament nítid i mínimament potent. Aquestes condicions es donen en 195 dels enregistraments analitzats, la totalitat de les identificacions dels quals són correctes.

A nivell general, els resultats han superat clarament les expectatives inicials, i es considera que l'anàlisi del cant i el sistema d'identificació implementats presenten un nivell d'encert i una resistència a la variació francament bons. S'ha pogut comprovar, en analitzar tots els fitxers de forma manual, que la proporció d'enregistraments en què s'ha aconseguit identificar l'espècie manualment però no de manera automàtica, mitjançant l'aplicació, és realment baixa (23 de 468). De fet, en molts d'aquests casos l'aplicació ja ha donat un cert nivell de semblança amb l'espècie correcta, encara que no fos el més alt. Certament, els coeficients resultants de

la identificació automàtica de l'aplicació s'acosten molt als que es podria obtenir analitzant manualment els fitxers, suposant que es coneix tots els patrons que segueix cada cant i en quina mesura són defnitoris de l'espècie que l'emet.