

Greenery Expert System

Arthur van Dam (9704337) en Joost Rommes (9704426)

december 1999

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Beschrijving van het probleemdomen	4
3	Analyse van het probleemdomen	5
3.1	Leefmilieu van een plant	5
3.2	groeiwijze	5
3.3	uiterlijke kenmerken	5
3.3.1	De bloem van een plant	5
3.3.2	De bladeren van een plant	6
3.3.3	De stengels van een plant	7
3.4	Classificatie van een plant	7
3.4.1	Strategie bij classificeren	7
3.4.2	Het opstellen van het vocabulaire	8
4	Globaal ontwerp	9
4.1	Groepering in gegevensgroepen	9
4.2	Het afhankelijkheidsnetwerk	11
5	Gedetailleerd ontwerp	12
5.1	Globale groepsbepaling	12
5.2	Gedetailleerde soortbepaling	12
6	Enkele voorbeelden	14
7	Implementatie	16
7.1	Motivering van de keuze voor DELFI-2	16
7.2	DELFI-2 kennisbank	16
A	Objectboom	18
B	Rule-base	22

1 Inleiding

In de nu volgende tekst zal het expertsysteem *Greenery Expert System (GXS)* worden besproken, dat classificaties van wilde planten verricht. Hierbij is gebruik gemaakt van de *Veldgids Wilde Planten van West- en Midden-Europa* [1].

De implementatie van GXS is in Delfi-2 vanwege het bottom-up karakter van dit probleem.

2 Beschrijving van het probleemdomein

In de vrije natuur van West- en Midden-Europa groeien duizenden verschillende plantensoorten. Elke plant heeft zijn eigen leefmilieu, groeiwijze en uiterlijke kenmerken.

In de achttiende eeuw is in deze enorme hoeveelheid planten een duidelijk indeling gemaakt, welke planten met gelijke eigenschappen in groepen verenigt.

Allereerst behoort een plant tot een bepaalde familie (bijvoorbeeld, de Anjerachtigen, Vlinderbloemenfamilie of de grassen). Dit zijn behoorlijk grote groepen. Binnen deze groepen wordt een indeling gemaakt op plant-geslachten. Dit vormt het eerste deel van de (Latijnse) naam van de plant. Een verdere indeling wordt gemaakt op soortnaam en deze naam vormt het tweede deel van de plantnaam. Planten die van dezelfde soort zijn, zijn in al hun wezenlijke kenmerken gelijk en kunnen zich onderling voortplanten. Tot slot kan verdeeld worden over subsoorten. Twee zelfde plantensoorten behoren tot verschillende subsoorten indien ze door erfelijkheidseigenschappen kleine verschillen vertonen. Dit komt vaak voor bij gekweekte planten (bijvoorbeeld rozen in allerlei variaties).

In de wereld van plantenliefhebbers wordt ook vaak een minder officiële indeling gebruikt, bij het determineren van een plantensoort. Deze indeling kijkt puur naar uiterlijke eigenschappen van de plant, zoals vorm en kleur van bladeren en bloemen. Deze indeling wordt ook door GXS gebruikt, zodat niet specifiek een geslacht, soort of ondersoort bepaald wordt, maar een lijstje van mogelijke families, geslachten of soorten. Definitieve classificatie, zou met behulp van gelijkenis met afbeeldingen kunnen gebeuren, zoals ook gebeurt in [1].

3 Analyse van het probleemdomein

Zoals gezegd wordt bij de classificatie alleen uitgegaan leefmilieu, groeiwijze en uiterlijke kenmerken van een planten. Hierover valt het volgende te zeggen:

3.1 Leefmilieu van een plant

Op het leefmilieu wordt een vrij grove indeling gemaakt, te weten de volgende milieus:

- Water
- Land

Rand- en moerasplanten zoals riet en lisdodde worden tot de landplanten gerekend.

3.2 groeiwijze

Ook op groeiwijze wordt een vrij grove indeling gemaakt. Deze is echter toch nodig, om al vroeg uitsluitel te kunnen geven over de plantensoort. De volgende twee groeiwijzen worden onderscheiden:

- Klimmend
- Staand

3.3 uiterlijke kenmerken

Het classificeren op basis van uiterlijke kenmerken is het belangrijkste deel. Dit komt doordat er veel verschillende delen aan een plant zitten, die ook weer allerlei vormen en kleuren kunnen hebben. De delen van een plant die hier onderscheiden zullen worden zijn:

- bloem
- bladeren
- stengel

3.3.1 De bloem van een plant

Een bloem is allerleerst van een bepaald type, met betrekking tot aantal en plaatsing op de bloemstengel:

- *Schermbloemigen*: de bloemen staan op kleine steeltjes die allemaal bij elkaar komen in één punt aan de bloemstengel.
- *Samengestelde bloemhoofdjes*: aan het uiteinde van de bloemsteel staat een groen 'knopje' waarop ontelbare kleine gekleurde blaadjes of haartjes zitten.
- *Losse bloemen*: de bloem staat alleen op de bloemstengel.

Vervolgens wordt gekeken naar het globale uiterlijk van de bloem (kleur en vorm etc.), hierin worden de volgende mogelijkheden onderscheiden:

- *groen-bruine bloem*: dit duidt vaak op een gras- of moerasplant (indien een bloem niet groenbruin is, wordt verder kleur van de kroonbladeren bekeken, zoals verderop beschreven)
- *kroonbladachtige lobben*: de bloem bestaat uit één kroonvormig stuk.
- *bloemen hebben schubben/haren*: de bloemen hebben geen kroonbladeren, maar zijn opgebouwd uit schubben of haren/pluisjes.

- *bloemkolf*: de bloemen zijn op een stevige rechtopstaande kolf geplaatst.
- *vlinderbloem*: de bloem heeft een groot breed bovenste kroonblad, en 2 of 4 kleinere onderste kroonbladeren.

Tot slot wordt er gekeken naar de verschillende delen van een bloem, te weten:

- *meeldraden*: de mannelijke delen van de bloem, de klein 'takjes' in het hart van de bloem, met een 'knopje' (*helmknop*) aan het uiteinde. In dit geval gaat het alleen om het aantal meeldraden.
- *Vrucht*: het onderste knobbeltje in het hart van de bloem, waar de zaden gevormd worden.
 - 4 donkere nootjes in het centrum
 - 5 deelvruchtjes met een 'snavel' middenin
- *kroonbladeren*: de (vaak) meest opvallende delen van de bloem, de gekleurde bloemblaadjes. Gekeken wordt naar:
 - onderlinge gelijkenis
 - aantal
 - kleur
 - vergroeiing aan de basis: bij sommige planten zitten de kroonblaadjes bij de basis aan elkaar.

3.3.2 De bladeren van een plant

Over de bladeren valt een stuk minder te zeggen. De punten waar op wordt gelet zijn:

- *bladgroen*: de groene kleur van bladeren wordt veroorzaakt door *bladgroen/chlorophyl-korrels*.
- *positie*: bladeren kunnen op allerlei plaatsen aan de stengel zitten:
 - in paren of kransen: er zitten meerdere bladeren aan één punt op de stengel.
 - verspreid over de stengel.
 - onderaan de stengelbasis.
 - drijven op het water.
 - zwevend onder water.
- *type bladrand*: de rand van een blad kan de volgende vormen hebben:
 - gladrandig,
 - getand: met inhammen,
 - gelobd: met ronder tanden,
 - geveerd: verdeelde in meerdere kleine blaadjes.
- *bladvorm*: een blad kan de volgende vormen hebben:
 - breed
 - langgerekt
 - rond

3.3.3 De stengels van een plant

het gaat hier om de bloemstengels van de plant en dan in het bijzonder de stevigheid ervan. Deze kan zijn:

- houtig: een wat ruwere bast, behoorlijk stevig
- anders

3.4 Classificatie van een plant

Allereerst wordt een indeling in 10 groepen gemaakt, op basis van leefomgeving, bladuiterslijk en -positie en bloemuiterslijk. Deze groepen zijn:

1. Waterplanten
2. Planten zonder bladgroen
3. Planten met de bloemen in schermen
4. Planten met dichte, uit vele bloempjes samengestelde bloemhoofdjes
5. Planten met ongelijke kroonbladeren en bladeren in paren of kransen
6. Planten met ongelijke kroonbladeren en verspreide bladstand of alle bladeren aan de stengelbasis
7. Planten met gelijke kroonbladeren en verspreide bladstand of alle bladeren aan de stengelbasis
8. Planten met gelijke kroonbladeren en bladeren in paren of kransen
9. Planten met groene of bruine bloemen, met of zonder kroonbladeren, met bladeren in paren of kransen
10. Planten met groene of bruine bloemen, met of zonder kroonbladeren, met verspreide bladstand of alle bladeren aan de stengelbasis

Vervolgens kan op basis van de inmiddels afgeleide groep en verdere uiterlijke kenmerken van bladeren en kroonbladeren een verdere classificatie gemaakt worden.

3.4.1 Strategie bij classificeren

Met behulp van de hiervoor behandelde eigenschappen van een plant en hun onderlinge structuur, kan een redeneerstrategie worden ontworpen:

1. Allereerst worden het leefmilieu en de lichamelijke opbouw van de plant in zijn geheel (positie van bloemen en bladeren) bepaald.
2. Op basis van die gegevens wordt een plant in één van eerdergenoemde 10 groepen ingedeeld.
3. Vervolgens wordt de plant beoordeeld op kleinere details van de onderdelen van een plant afzonderlijk.
4. Op basis van deze laatste gegevens, kan de uiteindelijke classificatie worden gemaakt.
5. Uit het resulterende lijstje kan iemand zelf aan de hand van afbeeldingen de juiste plantsoort kiezen.

3.4.2 Het opstellen van het vocabulaire

Het vocabulaire van het expertstelsel bevat de volgende begrippen met omschrijving:

TERM	OMSCHRIJVING
species	de plantensoort
group	de plantengroep
place	de leefomgeving
growingstyle	de groeiwijze
type	het bloemtype
bg_color	de bruin-groen kleur
petal-like_lobes	kroonbladachtige lobben
flower_haired_scaled	behaarde of beschubde bloem
spadix	bloemkolf
fruit_type	het fruit-type
papilionaceous_flower	vlinderbloem
nr_stamen	het aantal meeldraden
resemblance	de gelijkenis van kroonbladeren
nr_petals	het aantal kroonbladeren
color_petals	de kleur van de kroonbladeren
petal_base_grown	de vergroeiing van de kroonbladeren
chlorofyll	het bladgroen
leaf_position	de bladpositie
leaf_edge_type	het bladrand-type
leaf_shape	de bladvorm
woody	houtig

4 Globaal ontwerp

Het globaal ontwerp van het expertsysteem wordt in twee stappen opgezet, namelijk:

1. Het groeperen van de basisbegrippen uit het probleemdomen in gegevensgroepen;
2. Het opstellen van een afhankelijkheidsnetwerk.

4.1 Groepering in gegevensgroepen

De eigenschappen worden gegroepeerd in de volgende groepen:

- **PROPERTIES**: deze groep omvat de eigenschappen van de plant.
- **FLOWER**: deze groep zegt iets over de eigenschappen van de bloem van de plant.
- **PETALS**: de eigenschappen van de kroonbladeren van de bloem.
- **LEAFS**: de eigenschappen van de bladeren van de plant.
- **STEM**: de eigenschappen van de stengel van de plant.
- **CLASSIFICATION**: de groep van mogelijke classificaties. Hierbij is de globale groep een tussentijdse classificatie, en de plantensoort de uiteindelijke classificatie.

De gegevensgroepen zien er als volgt uit:

```
* PROPERTIES
- place          : (input) SINGLEVALUED TEXT {water, land}
- growingstyle   : (input) SINGLEVALUED TEXT {climbing, standing}
* FLOWER
- type           : (input) SINGLEVALUED TEXT {umbellifer, composed_flower-head,
                                             single}
- bg_color       : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}
- flower_haired_scaled
                 : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}
- spadix         : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}
- fruit_type     : (input) SINGLEVALUED TEXT {4_dark_nutlets,
                                             snavel_5_partialfruits}
- papilionaceous_flower
                 : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}
- nr_stamen      : (input) SINGLEVALUED INT {0-500}

* PETALS
- resemblance    : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}
- nr_petals     : (input) SINGLEVALUED INT {0-500}
- color_petals
                 : (input) SINGLEVALUED TEXT {yellow, white, purple,
                                             blue, pink, red, violet,
                                             brown, green, black,
                                             other}
- petal_base_grown
                 : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}

* LEAFS
- chlorofyll    : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}
- leaf_position
                 : (input) SINGLEVALUED TEXT {pairs/crowns, spread,
```

```

                                at_base_of_stem,
                                floating_leafs,
                                under_water}
- leaf-edge-type
      : (input) SINGLEVALUED TEXT {smooth, dentate, sinuate,
                                pinnate}
- leaf-shape : (input) SINGLEVALUED TEXT {wide, long, cicular_leafblade}

* STEM
  - woody      : (input) SINGLEVALUED TEXT {yes, no}

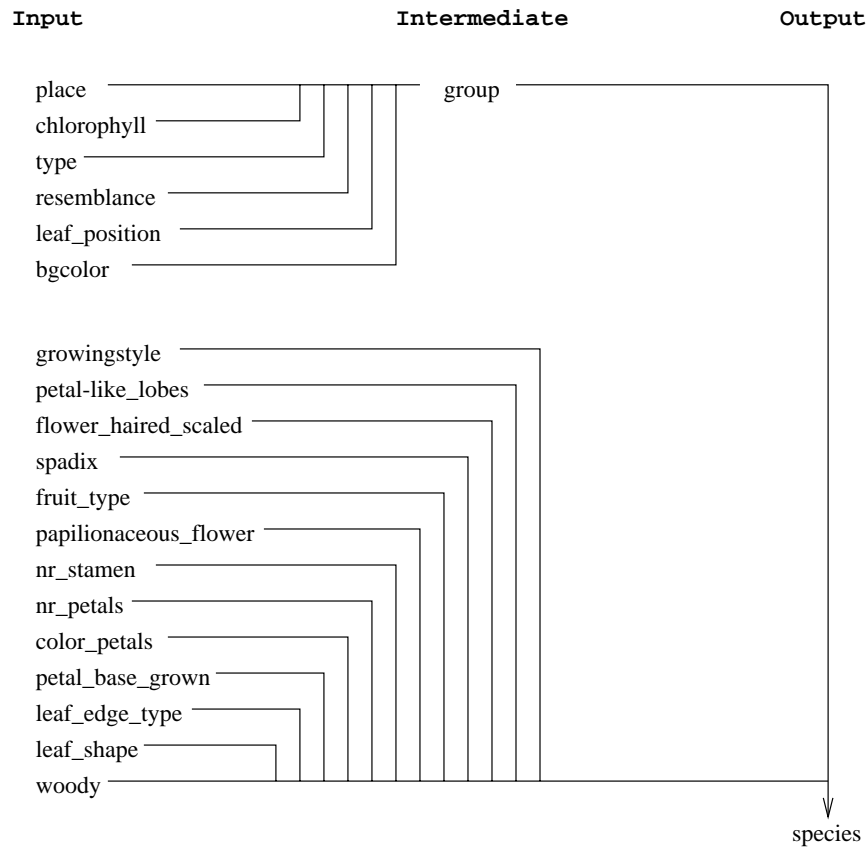
* CLASSIFICATION
- group      : (intermediate) SINGLEVALUED INT {1-10}
- species    : (output) MULTIVALUED TEXT
{Adderwortel, Akkerwinde, Anjerachtigen, Aronskelk,
Basterdwederiksoorten, Bilzekruid, Bitterling,
Bitterzoet, Blaasjeskruid, Blauw_Guichelheil,
Blauwe_Bosbes, Blauwe_Zeedistel, Bosbes, Bosrank,
Brede_Duingentiaan, Bremrapen, Bronkruid, Composieten,
Cypergrassen, Drijvend_Fonteinkruid, Duivekervels,
Duivelsnaaigaren, Duizendguldenkruid, Duizendknoopsoorten,
Dwergvlas, Eenjarig_en_Overblijvend_Bingelkruid,
Egelboterbloem, Engels_Gras, Ereprijssoorten, Gagel,
Ganzevoetachtigen, Geel_Vlas, Geelhartje,
Gekroesd_Fonteinkruid, Gentianen, Gevlekte_Aronskelk,
Goudveilsoorten, Grasklokje, Grassen, Groot_Warkruid,
Groot_Zonneroosje, Grote_Egelskop, Grote_Keverorchis,
Grote_Lisdodde, Grote_Schubwortel, Grote_Waterweegbree,
Grote_en_Kleine_Brandnetel, Heelkruid, Heggerank,
Heidesoorten, Heksenkruid, Helmkruidachtigen,
Hemelsleutel, Hertshooisoorten, Hertshoornweegbree,
Holwortel, Hop, IJzerhard, Kaardebolachtigen,
Kaasjeskruidsoorten, Kattestaartachtigen, Kikkerbeet,
Klaverzuring, Klein_Glaskruid, Klein_Wintergroen,
Kleine_Ruit, Klimop, Klokjesachtigen, Knopig_Helmkruid,
Kraaiheide, Kroontjeskruid, Kruisbloemigen, Lamsoor,
Leeuwebekjes, Lelieachtigen, Lelietje_der_dalen,
Liggende_Vetmuur, Liggende_Vleugeltjesbloem, Lipbloemigen,
Lisachtigen, Looksoorten, Maagdenpalm, Meelsleutelbloem,
Moerassterrekroos, Muskuskruid, Muurpeper, Narcisachtigen,
Narcissen, Ooievaarsbek, Orchideeen, Papaverachtigen,
Parnassia, Pijlkruid, Pimpernel, Poelruit, Ramischia,
Rankende_Helmbloem, Ranonkelachtigen, Ridderzuring,
Rode_Bosbes, Roosachtigen, Russen, Ruwbladigen,
Salomonszegel, Schapezuring, Schermbloemigen, Schorrekruid,
Slangekruid, Sleutelbloemachtigen, Sleutelbloemen,
Smalbladig_Vlas, Speenkruid, Spekwortel, Springzaden,
Steenbreeksoorten, Stofzaad, Toortsen, Tormentil,
Tripmadam, Valeriaanachtigen, Valse_Salie, Varkensgras,
Varkenskers, Vederkruid, Veenbes, Verspreidbladig_Goudveil,
Vetblad, Violtjes, Vlasbekje, Vleugeltjesbloemen,
Vlottende_Waterranonkel, Vogellijm, Vogelnestje,
Vrouwenmantel, Walstrosoorten, Waterdrieblad, Waterlelies,
Waternavel, Waterpest, Waterpunge, Waterranonkels,

```

Waterviolier, Wederiksoorten, Weegbrees, Wilde_Kamperfoelie,
 Wilde_Reseda, Wilgeroosje, Windeachtigen, Winterpostelein,
 Wolfskers, Wolfsmelkachtigen, Wouw, Zonnedauw,
 Zonnedauwsoorten, Zuringsoorten, Zwaluwtong, Zwanebloem,
 Zwarte_Nachtschade}

4.2 Het afhankelijkheidsnetwerk

De verbanden tussen hiervoor genoemde gegevensgroepen zijn uitgezet in figuur 1.



Figuur 1: Het afhankelijkheidsnetwerk

5 Gedetailleerd ontwerp

Aan de hand van de in sectie 3.4.1 gegeven redeneerstrategie kan een gedetailleerd ontwerp gegeven worden.

5.1 Globale groepsbepaling

Als eerste moet de globale groep waartoe de plant behoort bepaald worden. De groepnummers hebben een beschrijving, zoals gegeven in sectie 3.4. Om de globale groep te bepalen wordt als eerste de volgende vraag gesteld:

`In what kind of environment does the plant grow?`

Op deze vraag zijn twee antwoorden mogelijk, namelijk `water` en `land`. Is het antwoord `water`, dan behoort de plant tot groep 1. Is het antwoord `land`, dan wordt de volgende vraag gesteld:

`Do the leafs have chlorofyll?`

Wordt hierop met `no` geantwoord, dan behoort de plant tot groep 2. In het andere geval wordt gevraagd:

`What is type of the flower?`

Hierop zijn `umbellifer`, `single` en `composed_flower-head` als antwoord mogelijk. In het geval van `umbellifer` wordt tot groep 3 geconcludeerd, in het geval van `composed_flower-head` tot groep 4. Is het antwoord `single`, dan zijn de volgende twee vragen nodig:

`Is the color of the flower green-brown?`

`How are the leafs positioned?`

Op de tweede vraag zijn de antwoorden `pairs/crowns`, `spread`, `at_base_of_stem`, `floating_leafs` en `under_water` mogelijk. De laatste twee mogelijkheden zijn voor planten die op het land groeien niet van toepassing. Wanneer het antwoord op de eerste vraag `yes` is, en het antwoord op de tweede vraag `pairs/crowns` is, dan wordt de plant in groep 9 ingedeeld. Is het antwoord op de tweede vraag anders, dan behoort de plant tot groep 10. Is het antwoord op de eerste vraag `no`, dan is de volgende vraag nog nodig:

`Are all the petals the same?`

In het geval van `no` en in `pairs/crowns` geplaatste bladeren behoort de plant tot groep 5, indien de bladeren anders geplaatst zijn tot groep 6. Is het antwoord `yes`, dan leidt `spread` of `at_base_of_stem` als bladpositie tot groep 7, anders is de conclusie groep 8.

5.2 Gedetailleerde soortbepaling

Behoort een plant tot groep 1, 2, 3, 4 of 5, dan zijn er inmiddels voldoende gegevens bekend om een lijst van mogelijke soorten te geven. Aan de hand van die lijst moet dan door de gebruiker de uiteindelijke keuze gemaakt worden. In het geval dat de plant tot groep 6 behoort, leiden de volgende twee vragen tot de uiteindelijke classificatie:

`Is the flower a papilionaceous_flower?`

`What is the type of the leaf-edges?`

Om een plant uit groep 7 te kunnen classificeren, is, afhankelijk van tussentijdse antwoorden, een selectie uit de volgende vragen nodig:

How many petals does the flower have?
What does the fruit in the flower look like?
What is the color of the petals?
What is the type of the leaf-edges?
How many stamen does the flower have?
Is the petal-base grown together?

Een plant uit groep 8 wordt aan de hand van (een selectie uit) de volgende vragen geclassificeerd:

How many petals does the flower have?
What is the color of the petals?
What does the fruit in the flower look like?
Is the petal-base grown together?
How many stamen does the flower have?
What is the type of the leaf-edges?

Is de plant in groep 9 ingedeeld, dan leidt de vraag

What is the type of the leaf-edges?

tot een eventuele classificatie. Tenslotte worden planten uit groep 10 met behulp van (een selectie uit) de volgende vragen geclassificeerd:

Is the flower a spadix?
How does the plant grow?
What is the type of the leaf-edges?
What is the shape of the leaf?
Is the stem woody?
Does the flower have petal-like lobes?
Are the flowers haired and/or scaled?

Omdat in veel gevallen na uiteindelijke classificatie nog een keuze uit een aantal soorten gemaakt moet worden, worden alle soorten binnen één conclusie met gelijke kans geconcludeerd. De conclusie is, zoals bekend, multivalued.

De totale lijst van classificaties is terug te vinden in Appendix B, als onderdeel van de productieregels.

6 Enkele voorbeelden

Ter illustratie worden hier twee consultaties van het expertsysteem getoond met een land- en een waterplant.

Brede Duingentiaan De Brede Duingentiaan is een tweejarige plant met paarse bloempjes en groeit op bergen en in duinen.

Hieronder staat de consultatie van het expertsysteem voor de Brede Duingentiaan:

In what kind of environment does the plant grow?

>> land

Do the leafs have chlorofyll?

>> yes

What is type of the flower?

>> single

Are all the petals the same?

>> yes

How are the leafs positioned?

>> pairs/crowns

How many petals does the flower have?

>> 4

What is the color of the petals?

>> violet

Concluded: the species of the plant is:

1. Brede_Duingentiaan, with certainty: 0.50
2. Ereprijssoorten, with certainty: 0.50

Applied rule(s): 34

Het systeem heeft dus de juiste classificatie gemaakt.

Waterlelie De Waterlelie is een alom bekende plant in Nederland. Ze groeit in brede sloten en meren. Kenmerkend zijn de grote ronde drijf-bladeren en de witte (soms roze) bloemen, met geel hart.

Het expertsyateem classificeert de waterlelie als volgt:

In what kind of environment does the plant grow?

>> water

How are the leafs positioned?

>> floating_leafs

Concluded: the species of the plant is:

1. Waterranonkels, with certainty: 0.12
2. Waterlelies, with certainty: 0.12
3. Moerassterrekroos, with certainty: 0.12
4. Waternavel, with certainty: 0.12
5. Adderwortel, with certainty: 0.12
6. Grote_Waterweegbree, with certainty: 0.12

7. Kikkerbeet, with certainty: 0.12
8. Drijvend_Fonteinkruid, with certainty: 0.12
Applied rule(s): 11

De classificatie is ook hier weer juist.

7 Implementatie

7.1 Motivering van de keuze voor DELFI-2

Om verschillende redenen is DELFI-2 verkozen boven CLIPS. Ten eerste is er een eindige verzameling oplossingen, te representeren als 'legal values' van doelattributen.

Ten tweede is top-down interferentie bijzonder geschikt voor classificatie problemen. Niet alleen zijn de gestelde vragen afhankelijk van de bekende informatie, ook de redeneervorm past goed bij de top-down interferentie van DELFI-2.

Ten derde is het niet nodig om instanties van objecten te kunnen maken, een feature van CLIPS die dan overbodig zou zijn.

Tenslotte is het productieregel-formalisme van DELFI-2 krachtig genoeg voor een redeneervorm waar het vooral draait om het leggen van relaties tussen verschillende attribuutwaarden.

7.2 DELFI-2 kennisbank

De naam van de kennis bank is 'gxs'. De objectboom is te vinden in Appendix A. De rule-base staat in Appendix B.

Referenties

- [1] The Readers Digest Association, Veldgids voor de natuurliefhebber; WILDE PLANTEN VAN WEST- EN MIDDEN-EUROPA, The Reader's Digest NV, Amsterdam,1982

A Objectboom

```
plant
the plant
4
species
the species
false true false false
@
multivalued
Adderwortel
Akkerwinde
Anjerachtigen
Aronskelk
Basterdwederiksoorten
Bilzekruid
Bitterling
Bitterzoet
Blaasjeskruid
Blauw_Guichelheil
Blauwe_Bosbes
Blauwe_Zeedistel
Bosbes
Bosrank
Brede_Duingentiaan
Bremrapen
Bronkruid
Composieten
Cypergrassen
Drijvend_Fonteinkruid
Duivekervels
Duivelsnaaigaren
Duizendguldenkruid
Duizendknoopsoorten
Dwergvlas
Eenjarig_en_Overblijvend_Bingelkruid
Egelboterbloem
Engels_Gras
Ereprijssoorten
Gagel
Ganzevoetachtigen
Geel_Vlas
Geelhartje
Gekroesd_Fonteinkruid
Gentianen
Gevlekte_Aronskelk
Goudveilssoorten
Grasklokje
Grassen
Groot_Warkruid
Groot_Zonneroosje
Grote_Egelskop
Grote_Keveorchis
Grote_Lisdodde
Grote_Schubwortel
Grote_Waterweegbree
Grote_en_Kleine_Brandnetel
Heelkruid
Heggerank
Heidesoorten
Heksenkruid
Helmkruidachtigen
Hemelsleutel
Hertshooisoorten
Hertshoornweegbree
Holwortel
Hop
IJzerhard
Kaardebolachtigen
Kaasjeskruidsoorten
Kattestaartachtigen
Kikkerbeet
Klaverzuring
Klein_Glaskruid
Klein_Wintergroen
Kleine_Ruit
Klimop
Klokjesachtigen
Knopig_Helmkruid
Kraaiheide
```

Kroontjeskruid
Kruisbloemigen
Lamsoor
Leeuwebekjes
Lelieachtigen
Lelietje_der_dalen
Liggende_Vetmuur
Liggende_Vleugeltjesbloem
Lipbloemigen
Lisachtigen
Looksoorten
Maagdenpalm
Meelsleutelbloem
Moerassterrekroos
Muskuskruid
Muurpeper
Narcisachtigen
Narcissen
Ooievaarsbek
Orchideeen
Papaverachtigen
Parnassia
Pijlkruid
Pimpernel
Poelruit
Ramischia
Rankende_Helmbloem
Ranonkelachtigen
Ridderzuring
Rode_Bosbes
Roosachtigen
Russen
Ruwbladigen
Salomonszegel
Schapezuring
Schermbloemigen
Schorrekruid
Slangekruid
Sleutelbloemachtigen
Sleutelbloemen
Smalbladig_Vlas
Speenkruid
Spekwortel
Spekwortel
Springzaden
Steenbreeksoorten
Stofzaad
Toortsen
Tormentil
Tripmadam
Valeriaanachtigen
Valse_Salie
Varkensgras
Varkenskers
Vederkruid
Veenbes
Verspreidbladig_Goudveil
Vetblad
Violtjes
Vlasbekje
Vleugeltjesbloemen
Vlottende_Waterranonkel
Vogellijm
Vogelnestje
Vrouwenmantel
Walstrosoorten
Waterdrieblad
Waterlelies
Waternavel
Waterpest
Waterpunge
Waterranonkels
Waterviolier
Wederiksoorten
Weegbrees
Wilde_Kamperfoelie
Wilde_Reseda
Wilgeroosje
Windeachtigen
Winterpostelein

```

Wolfskers
Wolfsmelkachtigen
Wouw
Zonnedauw
Zonnedauwsoorten
Zuringssoorten
Zwaluwtong
Zwanebloem
Zwarte_Nachtschade
@
1
group
the group
false false false false
@
singlevalued
1 10
@
+
properties
the external and environmental properties
4
place
the growing environment
false false false false
In what kind of environment does the plant grow?
singlevalued
water
land
@
4
growingstyle
the growing style
false false false false
How does the plant grow?
singlevalued
climbing
standing
@
@
+
flower
the flower
4
type
the type
false false false false
What is type of the flower?
singlevalued
umbellifer
composed_flower-head
single
@
4
bg_color
the flower is brown-green colored
false false false false
Is the color of the flower green-brown?
singlevalued
yes
no
@
4
petal-like_lobes
the flower has petal-like lobes
false false false false
Does the flower have petal-like lobes?
singlevalued
yes
no
@
4
flower_haired_scaled
the flowers are haired and/or scaled
false false false false
Are the flowers haired and/or scaled?
singlevalued
yes
no
@

```

```

4
spadix
the flower is a spadix
false false false false
Is the flower a spadix?
singlevalued
yes
no
@
4
fruit_type
the fruit_type
false false false false
What does the fruit in the flower look like?
singlevalued
4_dark_nutlets
snavel_5_partialfruits
other
@
4
papilionaceous_flower
flower is a papilionaceous_flower
false false false false
Is the flower a papilionaceous_flower?
singlevalued
yes
no
@
1
nr_stamen
the number of stamen
false false false false
How many stamen does the flower have?
singlevalued
0 500
@
+
petals
the petals
4
resemblance
the petals of the plant resemble each other
false false false false
Are all the petals the same?
singlevalued
yes
no
@
1
nr_petals
the number of petals
false false false false
How many petals does the flower have?
singlevalued
0 500
4
color_petals
the color of the petals
false false false false
What is the color of the petals?
singlevalued
yellow
white
purple
blue
pink
red
violet
brown
green
black
other
@
4
petal_base_grown
the base is grown together
false false false false
Is the petal-base grown together?
singlevalued
yes

```

```

no
@
@
@
@
+
leafs
the leafs
4
chlorofyll
the leafs have chlorofyll
false false false false
Do the leafs have chlorofyll?
singlevalued
yes
no
@
4
leaf_position
the position
false false false false
How are the leafs positioned?
singlevalued
pairs/crowns
spread
at_base_of_stem
floating_leafs
under_water
@
4
leaf-edge-type
the edge
false false false false
What is the type of the leaf-edges?
singlevalued
smooth
dentate
sinuate
pinnate
@
4
leaf-shape
the leaf-shape
false false false false
What is the shape of the leafs?
singlevalued
wide
long
circular_leafblade
@
@
@
+
stem
the stem
4
woody
the stem is woody
false false false false
Is the stem woody?
singlevalued
yes
no
@
@
@
@
@
@

```

B Rule-base

```

if
  1
  same properties place water ;
then
  conclude plant group 1 ;
  1.0
fi
@

```

```

if
  2
  same leafs chlorofyll no ;
then
  conclude plant group 2 ;
  1.0
fi
@

if
  3
  same flower type umbellifer ;
then
  conclude plant group 3 ;
  1.0
fi
@

if
  4
  same flower type composed_flower-head ;
then
  conclude plant group 4 ;
  1.0
fi
@

if
  5
  same flower bg_color yes ;
  same leafs leaf_position pairs/crowns ;
then
  conclude plant group 9 ;
  1.0
fi
@

if
  6
  same flower bg_color yes ;
  same leafs leaf_position spread ;
  or
  same leafs leaf_position at_base_of_stem ;
then
  conclude plant group 10 ;
  1.0
fi
@

if
  7
  same petals resemblance no ;
  same leafs leaf_position pairs/crowns ;
then
  conclude plant group 5 ;
  1.0
fi
@

if
  8
  same petals resemblance no ;
  same leafs leaf_position spread ;
  or
  same leafs leaf_position at_base_of_stem ;
then
  conclude plant group 6 ;
  1.0
fi
@

if
  9
  same petals resemblance yes ;
  same leafs leaf_position spread ;
  or
  same leafs leaf_position at_base_of_stem ;
then
  conclude plant group 7 ;

```

```

1.0
fi
@

if
10
same petals resemblance yes ;
same leafs leaf_position pairs/crowns ;
then
conclude plant group 8 ;
1.0
fi
@

if
11
same plant group 1 ;
same leafs leaf_position floating_leafs ;
then
conclude plant species Waterranonkels ;
0.125
conclude plant species Waterlelies ;
0.125
conclude plant species Moerassterrekroos ;
0.125
conclude plant species Waternavel ;
0.125
conclude plant species Adderwortel ;
0.125
conclude plant species Grote_Waterweegbree ;
0.125
conclude plant species Kikkerbeet ;
0.125
conclude plant species Drijvend_Fonteinkruid ;
0.125
fi
@

if
12
same plant group 1 ;
same leafs leaf_position under_water ;
then
conclude plant species Vlottende_Waterranonkel ;
0.1667
conclude plant species Vederkruid ;
0.1667
conclude plant species Waterviolier ;
0.1667
conclude plant species Blaasjeskruid ;
0.1667
conclude plant species Waterpest ;
0.1667
conclude plant species Gekroesd_Fonteinkruid ;
0.1667
fi
@

if
13
same plant group 2 ;
then
conclude plant species Stofzaad ;
0.1667
conclude plant species Duivelsnaaigaren ;
0.1667
conclude plant species Groot_Warkruid ;
0.1667
conclude plant species Grote_Schubwortel ;
0.1667
conclude plant species Bremrapen ;
0.1667
conclude plant species Vogelnestje ;
0.1667
fi
@

if
14
same plant group 3 ;

```



```

then
  conclude plant species Heelkruid ;
  0.3333
  conclude plant species Schermbloemigen ;
  0.3333
  conclude plant species Looksoorten ;
  0.3333
fi
@

if
  15
  same plant group 4 ;
then
  conclude plant species Blauwe_Zeedistel ;
  0.25
  conclude plant species Engels_Gras ;
  0.25
  conclude plant species Kaardebolachtigen ;
  0.25
  conclude plant species Composieten ;
  0.25
fi
@

if
  16
  same plant group 5 ;
then
  conclude plant species Liggende_Vleugeltjesbloem ;
  0.1429
  conclude plant species Bronkruid ;
  0.1429
  conclude plant species Maagdenpalm ;
  0.1429
  conclude plant species Helmkruidachtigen ;
  0.1429
  conclude plant species IJzerhard ;
  0.1429
  conclude plant species Lipbloemigen ;
  0.1429
  conclude plant species Wilde_Kamperfoelie ;
  0.1429
fi
@

if
  17
  same plant group 6 ;
  notsame flower papilionaceous_flower yes ;
  same leafs leaf-edge-type smooth ;
then
  conclude plant species Wouw ;
  0.0909
  conclude plant species Vleugeltjesbloemen ;
  0.0909
  conclude plant species Wilgeroosje ;
  0.0909
  conclude plant species Slangekruid ;
  0.0909
  conclude plant species Leeuwebekjes ;
  0.0909
  conclude plant species Vlasbekje ;
  0.0909
  conclude plant species Vetblad ;
  0.0909
  conclude plant species Zwanebloem ;
  0.0909
  conclude plant species Narcisachtigen ;
  0.0909
  conclude plant species Lisachtigen ;
  0.0909
  conclude plant species Orchideeen ;
  0.0909
fi
@

if
  18
  same plant group 6 ;

```

```

    same leafs leaf-edge-type dentate ;
    or
    same leafs leaf-edge-type sinuate ;
    or
    same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
    conclude plant species Holwortel ;
    0.125
    conclude plant species Rankende_Helmbloem ;
    0.125
    conclude plant species Duivekervels ;
    0.125
    conclude plant species Wilde_Reseda ;
    0.125
    conclude plant species Violtjes ;
    0.125
    conclude plant species Springzaden ;
    0.125
    conclude plant species Helmkruidachtigen ;
    0.125
    conclude plant species Gevlekte_Aronskelk ;
    0.125
fi
@

if
    19
    same plant group 7 ;
    same petals nr_petals 4 ;
then
    conclude plant species Kleine_Ruit ;
    0.125
    conclude plant species Poelruit ;
    0.125
    conclude plant species Papaverachtigen ;
    0.125
    conclude plant species Kruisbloemigen ;
    0.125
    conclude plant species Tormentil ;
    0.125
    conclude plant species Pimpernel ;
    0.125
    conclude plant species Bosbes ;
    0.125
    conclude plant species Veenbes ;
    0.125
fi
@

if
    20
    same plant group 7 ;
    same petals nr_petals 5 ;
    same flower fruit_type 4_dark_nutlets ;
then
    conclude plant species Ruwbladigen ;
    1.0
fi
@

if
    21
    same plant group 7 ;
    same petals nr_petals 5 ;
    same petals color_petals pink ;
    same leafs leaf-edge-type dentate ;
    or
    same leafs leaf-edge-type sinuate ;
    or
    same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
    conclude plant species Kaasjeskruidsoorten ;
    0.1667
    conclude plant species Roosachtigen ;
    0.1667
    conclude plant species Blauwe_Bosbes ;
    0.1667
    conclude plant species Klein_Wintergroen ;
    0.1667
    conclude plant species Meelsleutelbloem ;

```

```

0.1667
conclude plant species Waterdrieblad ;
0.1667
fi
@

if
22
same plant group 7 ;
same petals nr_petals 4 ;
same petals color_petals white ;
or
same petals color_petals yellow ;
same leafs leaf-edge-type smooth ;
then
conclude plant species Egelboterbloem ;
0.125
conclude plant species Geel_Vlas ;
0.125
conclude plant species Muurpeper ;
0.125
conclude plant species Tripmadam ;
0.125
conclude plant species Parnassia ;
0.125
conclude plant species Zonedauwsoorten ;
0.125
conclude plant species Zwarte_Nachtschade ;
0.125
conclude plant species Waterpunge ;
0.125
fi
@

if
23
same plant group 7 ;
same petals nr_petals 5 ;
same petals color_petals purple ;
or
same petals color_petals blue ;
same leafs leaf-edge-type dentate ;
or
same leafs leaf-edge-type sinuate ;
or
same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
conclude plant species Hemelsleutel ;
0.25
conclude plant species Bitterzoet ;
0.25
conclude plant species Bilzekruid ;
0.25
conclude plant species Klokjesachtigen ;
0.25
fi
@

if
24
same plant group 7 ;
same petals nr_petals 3 ;
or
same petals nr_petals 6 ;
or
greaterthan petals nr_petals 6 ;
then
conclude plant species Speenkruid ;
0.0909
conclude plant species Zonedauw ;
0.0909
conclude plant species Kraaiheide ;
0.0909
conclude plant species Grote_Waterweegbree ;
0.0909
conclude plant species Pijlkruid ;
0.0909
conclude plant species Zwanebloem ;
0.0909
conclude plant species Lelieachtigen ;

```

```

0.0909
conclude plant species Narcissen ;
0.0909
conclude plant species Spekwortel ;
0.0909
fi
@

if
25
same plant group 7 ;
same petals nr_petals 5 ;
same petals color_petals pink ;
or
same petals color_petals purple ;
or
same petals color_petals blue ;
same leafs leaf-edge-type smooth ;
then
conclude plant species Smalbladig_Vlas ;
0.125
conclude plant species Duizendknoopsoorten ;
0.125
conclude plant species Rode_Bosbes ;
0.125
conclude plant species Engels_Gras ;
0.125
conclude plant species Lamsoor ;
0.125
conclude plant species Akkerwinde ;
0.125
conclude plant species Wolfskers ;
0.125
conclude plant species Grasklokje ;
0.125
fi
@

if
26
same plant group 7 ;
same petals nr_petals 5 ;
same petals color_petals white ;
or
same petals color_petals yellow ;
or
same petals color_petals red ;
greaterthan flower nr_stamen 10 ;
same leafs leaf-edge-type dentate ;
or
same leafs leaf-edge-type sinuate ;
or
same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
conclude plant species Ranonkelachtigen ;
0.5
conclude plant species Roosachtigen ;
0.5
fi
@

if
27
same plant group 7 ;
same petals nr_petals 5 ;
same petals color_petals white ;
or
same petals color_petals yellow ;
or
same petals color_petals red ;
same petals petal_base_grown yes ;
lessthan flower nr_stamen 11 ;
same leafs leaf-edge-type dentate ;
or
same leafs leaf-edge-type sinuate ;
or
same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
conclude plant species Heggerank ;
0.2

```

```

conclude plant species Sleutelbloemen ;
0.2
conclude plant species Windeachtigen ;
0.2
conclude plant species Zwarte_Nachtschade ;
0.2
conclude plant species Toortsen ;
0.2
fi
@

if
28
same plant group 8 ;
same petals nr_petals 2 ;
or
same petals nr_petals 4 ;
same petals color_petals white ;
or
same petals color_petals pink ;
or
same petals color_petals purple ;
then
conclude plant species Bosrank ;
0.1429
conclude plant species Liggende_Vetmuur ;
0.1429
conclude plant species Dwergvlas ;
0.1429
conclude plant species Heksenkruid ;
0.1429
conclude plant species Basterdwederiksoorten ;
0.1429
conclude plant species Heidesoorten ;
0.1429
conclude plant species Walstrosoorten ;
0.1429
fi
@

if
29
same plant group 8 ;
same petals nr_petals 5 ;
same flower fruit_type snavel_5_partialfruits ;
then
conclude plant species Ooievaarsbek ;
1.00
fi
@

if
30
same plant group 8 ;
same petals nr_petals 5 ;
same petals color_petals blue ;
or
same petals color_petals purple ;
then
conclude plant species Kattestaartachtigen ;
0.25
conclude plant species Blauw_Guichelheil ;
0.25
conclude plant species Maagdenpalm ;
0.25
conclude plant species Gentianen ;
0.25
fi
@

if
31
same plant group 8 ;
same petals nr_petals 5 ;
same petals color_petals yellow ;
then
conclude plant species Groot_Zonneroosje ;
0.3333
conclude plant species Hertshooisoorten ;
0.3333

```

```

    conclude plant species Wederiksoorten ;
    0.3333
fi
@

if
  32
  same plant group 8 ;
  same petals nr_petals 5 ;
  same petals color_petals pink ;
  or
  same petals color_petals red ;
then
  conclude plant species Anjerachtigen ;
  0.3333
  conclude plant species Duizendguldenkruid ;
  0.3333
  conclude plant species Valeriaanachtigen ;
  0.3333
fi
@

if
  33
  same plant group 8 ;
  same petals nr_petals 5 ;
  same petals color_petals white ;
  or
  same petals color_petals yellow ;
  same petals petal_base_grown no ;
  lessthan flower nr_stamen 11 ;
  same leafs leaf-edge-type dentate ;
  or
  same leafs leaf-edge-type sinuate ;
  or
  same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
  conclude plant species Klaverzuring ;
  0.3333
  conclude plant species Steenbreeksoorten ;
  0.3333
  conclude plant species Ramischia ;
  0.3333
fi
@

if
  34
  same plant group 8 ;
  same petals nr_petals 4 ;
  same petals color_petals blue ;
  or
  same petals color_petals violet ;
then
  conclude plant species Brede_Duingentiaan ;
  0.5
  conclude plant species Ereprijssoorten ;
  0.5
fi
@

if
  35
  same plant group 8 ;
  same petals nr_petals 5 ;
  same petals color_petals white ;
then
  conclude plant species Anjerachtigen ;
  0.2
  conclude plant species Winterpostelein ;
  0.2
  conclude plant species Geelhartje ;
  0.2
  conclude plant species Sleutelbloemachtigen ;
  0.2
  conclude plant species Valeriaanachtigen ;
  0.2
fi
@

```

```

if
  36
  same plant group 8 ;
  greaterthan petals nr_petals 5 ;
then
  conclude plant species Kattestaartachtigen ;
  0.3333
  conclude plant species Bitterling ;
  0.3333
  conclude plant species Lelietje_der_dalen ;
  0.3333
fi
@

if
  37
  same plant group 9 ;
  same leafs leaf-edge-type smooth ;
then
  conclude plant species Anjerachtigen ;
  0.3333
  conclude plant species Ganzevoetachtigen ;
  0.3333
  conclude plant species Grote_Keverorchis ;
  0.3333
fi
@

if
  38
  same plant group 10 ;
  same flower spadix yes ;
then
  conclude plant species Aronskelk ;
  1.0
fi
@

if
  39
  same plant group 10 ;
  same properties growingstyle climbing ;
  same leafs leaf-edge-type dentate ;
  or
  same leafs leaf-edge-type sinuate ;
  or
  same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
  conclude plant species Bosrank ;
  0.5
  conclude plant species Hop ;
  0.5
fi
@

if
  40
  same plant group 10 ;
  same leafs leaf-edge-type dentate ;
  or
  same leafs leaf-edge-type sinuate ;
  or
  same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
  conclude plant species Goudveilsoorten ;
  0.1667
  conclude plant species Eenjarig_en_Overblijvend_Bingelkruid ;
  0.1667
  conclude plant species Grote_en_Kleine_Brandnetel ;
  0.1667
  conclude plant species Knopig_Helmkruid ;
  0.1667
  conclude plant species Valse_Salie ;
  0.1667
  conclude plant species Muskuskruid ;
  0.1667
fi
@

if

```

```

41
same plant group 10 ;
same properties growingstyle climbing ;
then
conclude plant species Heggerank ;
0.25
conclude plant species Klimop ;
0.25
conclude plant species Zwaluwtong ;
0.25
conclude plant species Spekwortel ;
0.25
fi
@

if
42
same plant group 10 ;
same leafs leaf-edge-type dentate ;
or
same leafs leaf-edge-type pinnate ;
then
conclude plant species Ranonkelachtigen ;
0.1667
conclude plant species Varkenskers ;
0.1667
conclude plant species Roosachtigen ;
0.1667
conclude plant species Schapezuring ;
0.1667
conclude plant species Hertshoornweegbree ;
0.1667
conclude plant species Composieten ;
0.1667
fi
@

if
43
same plant group 10 ;
same leafs leaf-shape wide ;
same leafs leaf-edge-type smooth ;
then
conclude plant species Ganzevoetachtigen ;
0.125
conclude plant species Wolfsmelkachtigen ;
0.125
conclude plant species Ridderzuring ;
0.125
conclude plant species Klein_Glaskruid ;
0.125
conclude plant species Wolfskers ;
0.125
conclude plant species Weegbrees ;
0.125
conclude plant species Salomonszegel ;
0.125
conclude plant species Orchideeen ;
0.125
fi
@

if
44
same plant group 10 ;
same stem woody yes ;
then
conclude plant species Gagel ;
1.0
fi
@

if
44
same plant group 10 ;
same leafs leaf-edge-type dentate ;
or
same leafs leaf-edge-type sinuate ;
then
conclude plant species Wilde_Reseda ;

```



```

0.1429
conclude plant species Ganzevoetachtigen ;
0.1429
conclude plant species Vrouwenmantel ;
0.1429
conclude plant species Verspreidbladig_Goudveil ;
0.1429
conclude plant species Kroontjeskruid ;
0.1429
conclude plant species Zuringssoorten ;
0.1429
conclude plant species Hertshoornweegbree ;
0.1429
fi
@

if
45
same plant group 10 ;
same leafs leaf-shape long ;
same leafs leaf-edge-type smooth ;
same flower petal-like_lobes yes ;
then
conclude plant species Wouw ;
0.1667
conclude plant species Schorrekruid ;
0.1667
conclude plant species Varkensgras ;
0.1667
conclude plant species Weegbrees ;
0.1667
conclude plant species Composieten ;
0.1667
conclude plant species Russen ;
0.1667
fi
@

if
46
same plant group 10 ;
same leafs leaf-shape circular_leafblade ;
then
conclude plant species Waternavel ;
1.0
fi
@

if
47
same plant group 10 ;
same leafs leaf-shape long ;
same leafs leaf-edge-type smooth ;
same flower flower_haired_scaled yes ;
then
conclude plant species Grote_Egelskop ;
0.25
conclude plant species Grote_Lisdodde ;
0.25
conclude plant species Cypergrassen ;
0.25
conclude plant species Grassen ;
0.25
fi
@

```