

Gebruik van 'n ekspertstelsel vir die identifikasie van *Lithops*

J. Gouws

Departement Elektriese en Elektroniese Ingenieurswese, Randse Afrikaanse Universiteit,

Posbus 524, Aucklandpark, 2006

jg@ingl.rau.ac.za

Ontvang 4 Maart 1999; aanvaar 17 Februarie 2000

UITTREKSEL

Dit is vir nieplantkundiges dikwels baie moeilik om nabyverwante plante van mekaar te onderskei en te identifiseer. Hierdie artikel bied 'n oorsig van die gebruik van 'n rekenaargesteuende ekspertstelsel vir hierdie doel, spesifiek toegepas op Lithops - 'n groep vetplante met heelwat interspesifieke ooreenkomste, maar ook intraspesifieke verskille. Ontwikkeling van 'n geskikte ekspertstelsel is nie maklik nie, maar as wegspringpunt is 'n stelsel ontwikkel wat gebruik maak van 'n vereenvoudigde databasis en basiese besluitnemingskriteria. Alhoewel akkuraatheid daardeur ingeboet word, is 'n korter reaksietyd in ruil verkry. Die gebruiker verskaf insette t.o.v. die plantprofiel, die voorkoms van die plantgesig en grenslyne, vensters en kanale op die gesig. Die ekspertstelsel beeld dan die gegewe insette op die databasis af, ten einde te bepaal watter plant dit is wat deur die gebruiker se insette beskryf word. Weens die vereenvoudigde aard van die huidige stelsel gee dit tans geen antwoord op sowat 40% van alle navrae nie, omdat die stelsel in hierdie gevalle nie die gegewe insette met die gestoorde data kan korreleer nie. In sowat 55% van die gevalle gee die ekspertstelsel vyf of minder moontlikhede waaruit die gebruiker dan self verder moet kies; en in sowat 5% van die gevalle word meer as vyf moontlike antwoorde gegee. Alhoewel die stelselwerking tans nog glad nie as baie goed bestempel kan word nie, verteenwoordig dit reeds 'n nuttige hulpmiddel vir die identifikasie van Lithops.

ABSTRACT

Use of an expert system for identification of Lithops

It is often very difficult for non-botanists to distinguish between and identify closely related plants. This article provides an overview of the use of a computer-based expert system for this purpose, specifically applied to Lithops - a group of succulents that presents numerous inter-specific resemblances as well as intra-specific differences. The development of a suitable expert system is not an easy task, but as a starting point a prototype expert system, making use of a reduced data set and reduced decision-making criteria, was developed. Although accuracy was thereby lost, a shorter reaction time became possible. The user supplies inputs regarding plant characteristics such as plant profile, appearance of the plant face, and borderlines, windows and channels on the plant face. The expert system maps these inputs onto the database in order to identify the plant described by the user's inputs. Owing to the simplified nature of the current system, about 40% of all queries go unanswered because the system cannot match the inputs with the stored data. For approximately 55% of queries, the expert system provides five or less possibilities from which the user himself must then choose one; and for about 5% of all queries, more than five possible answers are returned. Although the system operation cannot yet be hailed as excellent, it has already proved to be a useful tool for the identification of Lithops.

1. INLEIDING

Identifikasie van plante in terme van die klassifikasiehiërargie (genus, spesie, ens.) is nie altyd 'n maklike taak nie - veral vir nieplantkundiges, wat individuele plante in 'n groot groep van mekaar probeer onderskei. Ten einde akkurate plantidentifikasie te kan doen, verg kundigheid oor al die belangrike kenmerke wat onderlinge onderskeiding moontlik maak. Benewens die vermoë om plantkenmerke akkuraat te kan waarneem en te interpreteer, is die volgende vermoëns ook noodsaaklik vir 'n persoon wat plante wil identifiseer:

- 'n goeie geheue, ten einde plantname en onderskeidende kenmerke te onthou; of
- toegang tot goeie beskrywende literatuur, met illustrasies (foto's en/of lyntekeninge) - sodat plante op grond van vergelykings tussen die illustrasies en die werklike plante geïdentifiseer kan word; of
- toegang tot kundige persone wat met plantidentifikasie kan help.

Hierdie vereistes is nie altyd maklik haalbaar nie, omdat:

- dit moeilik is om groot hoeveelhede plantkenmerke te onthou - veral vir persone wat nie gereeld daarmee werk nie;
- goeie beskrywende literatuur is soms moeilik beskikbaar - veral vir minder bekende plantsoorte;

- selfs met goeie literatuur kan dit steeds baie moeilik wees om plantidentifikasie op grond van foto's te doen, omdat aspekte soos die tyd van die jaar toe die foto geneem is, die beligting wat gebruik is, en die groeitoestand van die plant wat afgeneem is, kan veroorsaak dat die plant op die foto heelwat anders lyk as die natuurlike voorkoms daarvan;
- lyntekeninge kan nie altyd eienskappe soos kleur en fyn detail baie akkuraat aantoon nie; en
- kundige persone is nie altyd byderhand om te help met die identifikasie van plante nie.

Om hierdie probleme te oorbrug, kan tegnologiese hulpmiddels gebruik word om 'n stelsel te ontwikkel, wat:

- 'n groot geheue het, vir maklike opberging en herwinning van groot hoeveelhede data (soos verskillende plantkenmerke en plantname);
- geprogrammeer kan word om vergelykings en afleidings te maak, op grond van die data en vooraf-geprogrammeerde reëls; en
- voortdurend beskikbaar is.

Rekenaargesteuende stelsels wat vir hierdie doel ontwikkel word, staan bekend as *ekspertstelsels*; en dit verteenwoordig 'n poging om die kennis en redenasievermoë van kundiges op 'n sekere gebied na te boots deur middel van 'n rekenaarestelsel.

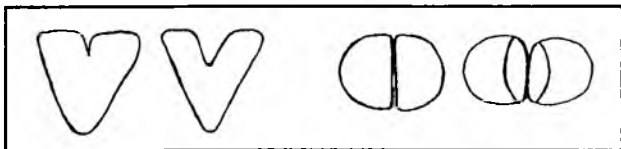
Die genus *Lithops*¹ is 'n relatief groot groep plante, met heelwat interspesifieke ooreenkomste, asook intraspesifieke verskille. Vir iemand met 'n belangstelling in *Lithops* (hetsy kommersieel of as stokperdjie) kan die betroubare identifikasie van hierdie plante 'n baie moeilike taak word. Om hierdie rede is daar besluit om die ontwikkeling van 'n rekenaargestuende identifikasiestelsel vir *Lithops* te ondersoek. Die outeur is deeglik bewus daarvan dat daar 'n verskeidenheid databasisse vir plantidentifikasie bestaan,^{2,3} en dat dit hoegenaamd nie 'n nuwe vakgebied is nie. Die doel van hierdie werk was dus nie om baanbrekerswerk op die gebied van plantidentifikasie, of op die gebied van databasisontwikkeling vir hierdie doel te probeer doen nie, maar spesifiek om identifikasie van *Lithops* te probeer vergemaklik. Dit is beslis nie 'n maklike taak nie; en om so 'n stelsel se akkuraatheid op 'n aanvaarbare vlak te kry, sal nog heelwat werk verg. Die doel van hierdie artikel is om die enkele treë wat reeds in hierdie rigting gegee is, kortliks te bespreek.

2. WAT IS LITHOPS ?

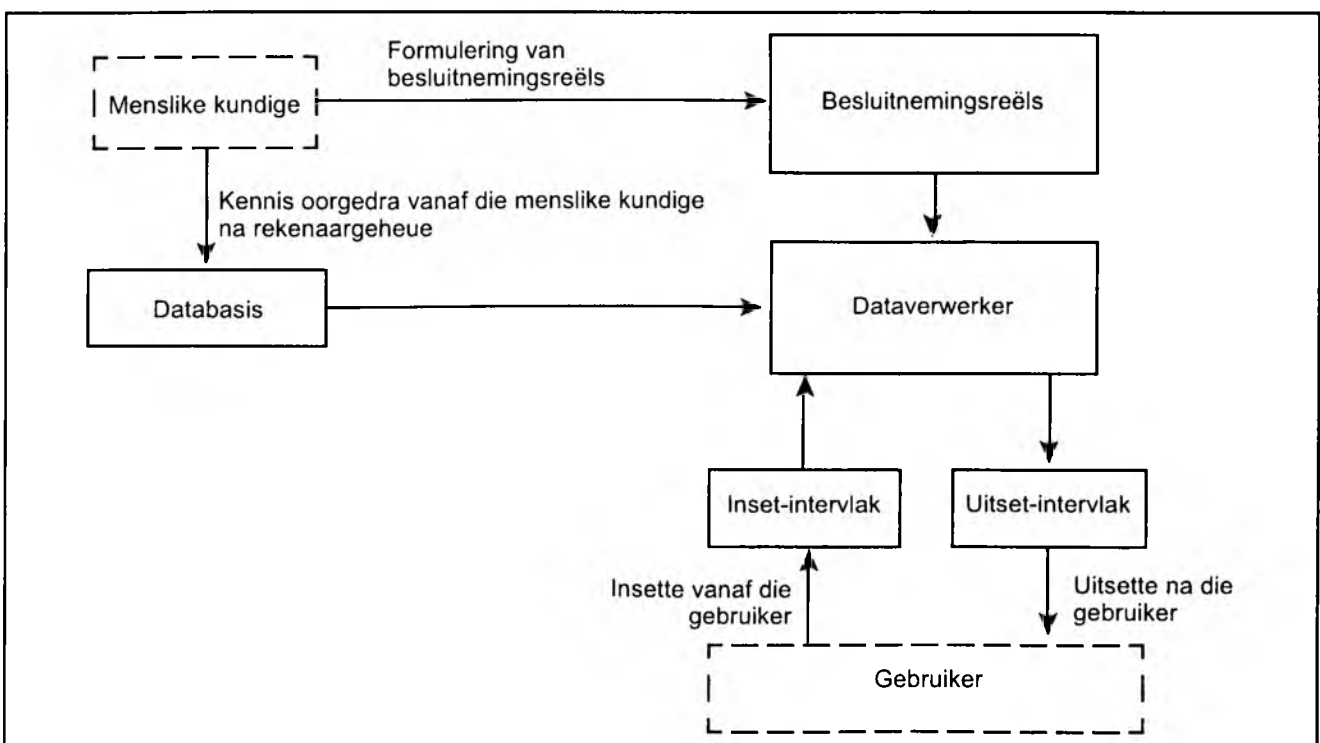
Lithops is 'n groep vetplante, uniek aan suid-westelike Afrika - met 'n baie kenmerkende vorm, maar tog met heelwat variasies. Figuur 1 toon lyntekeninge van tipiese sy- en bo-aansigte van *Lithops*.

Lithops se belangrikste kenmerke is:

- groei laag op die grond - dikwels sonder om veel bokant grondvlak uit te steek;
- is kegelvormig, en het twee vlesige blare met min of meer halfsirkelvormige bo-aansigte - vandaar volksname soos "bokspoortjies", "olifantpootjies" en "beeskloutjies";
- die blare droog gewoonlik gedurende die winter op, en maak plek vir twee nuwe blare om uit te groei;



Figuur 1: Tipiese sy- en bo-aansigte van *Lithops*.



Figuur 2: Funksionele blokdigram van 'n ekspertstelsel.

- die plantgesig (bokant van die twee blare) is normaalweg óf plat óf bolrond, maar dit kan ook effens ingedui voorkom wanneer die plant uitgedroog raak;
- soms vorm meervoudige "koppe", oftewel 'n groepie van twee-blarige plantjies aan een penwortel;
- geel of wit blomme kom voor - afhangende van die spesie; en
- die plante is in hul natuurlike omgewing goed gekamoufler - wat die Engelse volksnaam "flowering stones" verklaar.

Die generiese naam, *Lithops*, is reeds in 1922 deur dr. N.E. Brown gepubliseer. 'n Eietydse kenner van *Lithops*, naamlik prof. Desmond Cole, voormalige professor in Afrikatale aan die Universiteit van die Witwatersrand, het ook baie bygedra tot die bekendmaking van die plante. Hy het in samewerking met sy eggenote, Naureen:

- in die 1950's begin met navorsing oor *Lithops*;
- honderde verskillende natuurlike kolonies van *Lithops* besoek;
- 'n merkwaardige versameling plante vir hulleself opgebou; en
- in 1988 'n uitstekende naslaanboek¹ oor die onderwerp gepubliseer. (Ongelukkig is daar slegs 2500 kopieë van hierdie boek gedruk - wat die beperkte beskikbaarheid van goeie verwysingsliteratuur oor *Lithops* beklemtoon.)

Plantklassifikasie is nie 'n statiese vakgebied nie. Soos wat nuwe inligting en nuwe insigte deur navorsing bekend raak, is dit soms nodig om plantname en -indelings te verander. Soms word nuwe plante in natuurlike habitat ontdek, en soms word nuwe kultivars gekweek. Sulke ontwikkelinge maak dit nog moeiliker vir nie-plantkundiges om by te bly met plantname en -klassifikasie. Cole¹ beskryf 114 *Lithops* in terme van:

- Spesies, wat gedefinieer word as:
 - * 'n natuurlike populasie van nabyverwante plante, wat voorkom in een of meer kolonies (gewoonlik geografies geïsoleerd en naby aan mekaar geleë);
 - * plante waar onderlinge inteling binne 'n kolonie plaasvind, maar selde met ander kolonies; en
 - * plante met unieke kenmerke - wat hulle van ander spesies onderskei.

- Subspesies, wat gedefinieer word as:
 - * plante met dieselfde algemene kenmerke as die spesie, en
 - * nabyverwant aan mekaar, maar
 - * met unieke kenmerke wat hulle van ander subspesies onderskei, en
 - * wat geografies afsonderlik voorkom.
- Variëteite, wat gedefinieer word as:
 - * plante met dieselfde algemene kenmerke as die spesie, maar
 - * wat nader aan mekaar verwant is as die verwantskap tussen twee subspesies,
 - * wat onderskei word deur kenmerke soos kleur, grootte, en merke op die plantgesig, en
 - * wat geografies afsonderlik kan wees, maar nie noodwendig nie.
- Kultivars, wat gedefinieer word as:
 - * gekweekte variëteite, wat normaalweg nie in die natuur voorkom nie, maar wat ontstaan as gevolg van kunsmatige kweking, en
 - * wat gevolglik byvoorbeeld albinisme vertoon in die blare of in die blomme (wit blomme in plaas van normaalweg geel blomme vir 'n spesifieke plant).

Met al hierdie opsies is die akkurate identifikasie van 'n gegewe *Lithops*-plant 'n omvangryke taak - selfs vir die ware kundiges op die gebied. 'n Rekenaargestoende ekspertstelsel het egter die potensiaal om hierdie taak aansienlik te vergemaklik - mits die aanvoorwerk daarvoor behoorlik gedoen is.

3. REKENAARBASEERDE EKSPERTSTELSELS

'n Rekenaargebaseerde ekspertstelsel^{4,5,6,7} is 'n rekenaarselsel wat geprogrammeer is om data te verwerk en om afleidings te maak op grond van insette wat daaraan verskaf word - soortgelyk as wat 'n menslike kundige onder dieselfde omstandighede, en met dieselfde inligting beskikbaar, sou doen. Verskeie programstrukture² en -tale bestaan vir hierdie doel. In breë trekke kan 'n rekenaargebaseerde ekspertstelsel voorgestel word soos in figuur 2.

3.1 Databasis

Die doel van die ekspertstelseldatabasis is om soveel as moontlik van die beskikbare kennis oor die betrokke onderwerp, op 'n geordende wyse in rekenaargeheue op te berg. Die inligting word verkry vanaf een of meer menslike kundiges op die gebied - hetsy deur persoonlike kommunikasie, of vanuit literatuur wat deur dié kundiges saamgestel is. 'n Rekenaarprogrammeerder vertaal dan die beskikbare inligting na 'n formaat wat aanpas by die spesifieke tipe databasis wat gebruik word. Hierdie vertaling moet op so 'n wyse plaasvind dat die inligting maklik bruikbaar is vir die ekspertstelsel.

3.2 Besluitnemingsreëls

Die ekspertstelsel kan alleen besluite neem op grond van voorskrifte wat ook deur menslike kundiges voorsien word. Hierdie reëls is 'n formulering van die manier waarop die kundiges besluite sou neem, op grond van die beskikbare inligting. Die formaat waarin die reëls in die rekenaar geprogrammeer word hang, hoofsaaklik af van die programtaal wat gebruik word.

3.3 Insette

Benewens die eenmalige insette tot die ekspertstelsel in die vorm van inligting in die databasis en die besluitnemingsreëls, benodig die ekspertstelsel ook ander insette vanaf 'n gebruiker. Hierdie insette word tipies gegee as antwoorde op vrae wat op 'n

sistematiese wyse deur die rekenaar gestel word. Die antwoorde wat verskaf word, bepaal die rigting van verdere vrae. Tipies behoort die vrae gestel te word in volgorde van dalende diskriminasie - m.a.w. elke vraag moet telkens die grootste moontlike aantal nie-relevante opsies uitskakel. Vir die identifikasie van *Lithops* kan die eerste vraag (met die moontlike antwoorde waaruit gekies kan word) bv. wees: "Wat is die kleur van die blomme? (wit / geel / onbekend)". Indien die kleur van die spesifieke plant se blomme bekend is, skakel hierdie antwoord onmiddellik 'n groot klomp nie-relevante plante uit - wat al 'n groot stap is in die rigting van 'n uiteindelijke unieke antwoord.

3.4 Dataverwerker

Die dataverwerker gebruik die besluitnemingsreëls, die databasis, en die gebruiker se insette ten einde afleidings te maak, en ten einde op verdere vrae te besluit. Die dataverwerker combineer losstaande brokkies inligting tot 'n geheel. 'n Voorbeeld van vrae (met net ja of nee as moontlike antwoorde) wat gevra kan word ten einde inligting in te samel wat deur 'n dataverwerkingsalgoritme tot 'n geheelbeeld gekombineer kan word ten einde te besluit of 'n plant tot die *Lithops*-genus behoort of nie, is:

1. Is dit 'n vetplant?
2. Bestaan die gesig van die plant uit twee halfsirkelvormige lobbe?
3. Is die plantdeursnee minder as sowat 4 cm?

Indien die antwoord op enige van hierdie vrae *nee* is, is die plant nie 'n *Lithops* nie, en kan die proses dadelik gestop word; andersins is dit heel moontlik een van die *Lithops*-spesies; en kan verdere vrae gebruik word om die sekerheid daaroor te verhoog.

3.5 Uitsette

Die uiteindelijke doel van 'n ekspertstelsel vir die identifikasie van *Lithops* is om 'n spesifieke plant een-eenduidig te identifiseer, op grond van insette wat deur die gebruiker verskaf is n.a.v. 'n reeks vrae wat deur die rekenaar gestel is. Die akkuraatheid van die uitset hang hoofsaaklik af van die akkuraatheid en omvang van:

- inligting wat in die databasis gestoor is;
- vrae wat in die ekspertstelsel ingeprogrammeer is;
- antwoorde wat deur die gebruiker verskaf word; en
- besluitnemingsreëls wat in die ekspertstelsel ingeprogrammeer is.

3.6 Voorwaartse en truwaartse aanwending

'n Ekspertstelsel kan *voorwaarts* of *truwaarts* aangewend word. Met die voorwaartse metode verskaf die gebruiker individuele brokkies inligting (bv. verskillende plantkenmerke), op grond waarvan die ekspertstelsel dan die plant identifiseer en 'n unieke antwoord (soos die plantnaam) verskaf. Met die truwaartse metode verskaf die gebruiker die finale antwoord (bv. die plantnaam), en die ekspertstelsel verskaf dan die individuele brokkies inligting (bv. die verskillende kenmerke van dié spesifieke plant).

4. EKSPERTSTELSEL-ONTWIKKELING

Elke ekspertstelsel moet doelgemaak ontwikkel word vir die spesifieke toepassing daarvan. Dit is normaalweg nie die moeite en koste werd om 'n ekspertstelsel vir eenmalige gebruik te ontwikkel nie. Suksesvolle ontwikkeling van 'n ekspertstelsel hang af van:

- beskikbaarheid van geskikte en toepaslike inligting;
- die korrekte interpretasie van die beskikbare inligting;

- korrekte *vertaling* en voorstelling van die inligting in rekenaarmaat;
- 'n ekstensiewe lys van relevante vrae wat oor die betrokke onderwerp gevra kan word;
- al die moontlike antwoorde vir elk van die vrae;
- die groepering en rangskikking van die vrae ten einde op 'n sistematiese wyse sekere groepe van moontlikhede te elimineer na elke vraag en antwoord;
- die afleidings wat gemaak sal kan word op grond van die verskillende brokkies inligting wat verskaf word; en
- beskikbaarheid van 'n kundige rekenaarprogrammeerder, geskikte apparatuur en programmatuur.

Dit is belangrik om te onthou dat geen proses gerekenariseer of geoutomatiseer kan word tensy die proses eers behoorlik verstaan word nie. Rekenarisering gebruik bloot die geheue, herhaalbaarheid, en vinnige berekeningstempo van 'n rekenaar, ten einde die vermoëns van die menslike brein aan te vul. As die rekenaar op 'n onsinnige wyse geprogrammeer word, of as onsinnige data daarin gestoor word, of as onsinnige insette daaraan gegee word, sal onsinnige uitsette verkry word.

5. EKSPERTSTELSEL VIR DIE IDENTIFIKASIE VAN LITHOPS

5.1 Tipiese identifikasiekriteria

Die tipiese vrae (met moontlike antwoorde) wat deur 'n ekspertstelsel vir die identifikasie van *Lithops* aan 'n gebruiker gestel kan word, is:

1. Wat is die kleur van die blomme (geel / wit / onbekend [plant blom nie tans nie])?
2. Hoe lyk die blomme se kroonblare (groot / klein / onbekend [plant blom nie tans nie])?
3. Hoe lyk die blom (lank / kort / onbekend [plant blom nie tans nie])?
4. Hoe lyk die profiel [sy-aansig] van die plant (plat bokant / effens bolronde bokant / bolronde bokant / V-vormig)? Verwys na figuur 3.
5. Hoe lyk die bo-aansig van die plant (rond / ellipties / agt-vormig / niervormig / oopgesper ellipties)? Verwys na figuur 4.
6. Hoe lyk die tekstuur van die bo-aansig (glad / effens grof / grof)?
7. Wat is die voorkoms van die blaargesig (deurskynend / nie-deurskynend)?

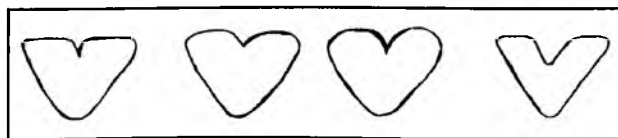
8. Hoe lyk die spikkelpatroon van 'n lengtesnit deur die plant (slegs bokant / slegs buiterande / bokant en buiterande / oral / onbekend [hierdie is 'n destruktiewe toets, en kan nie altyd gedoen word nie])?
9. Hoe lyk die spikkelpatroon van die bo-aansig (baie en oral / min en oral / slegs op omtrek / baie aan omtrek en min verder / slegs binnerande)? Verwys na figuur 5.
10. Is daar enige strepe en kolle op die bo-aansig (ja / nee)?
11. Indien daar strepe en kolle op die bo-aansig is, is dit (vlak / diep / verhewe)?
12. Wat is die oorheersende gesigkleur (ligte groen / olyfgroen / donker groen / rooi / pers / ligte grys / donker grys / ander)?
13. Hoe lyk die sy-aansig van die saadhuysies (rond / rond met plat bo- en onderkant / rond met gepunte bokant en plat onderkant / onbekend [saadhuysies nie tans beskikbaar nie])?
14. Hoe lyk die bo-aansig van die saadhuysies (rond / vyfkantig / seskantig / onbekend [saadhuysies nie tans beskikbaar nie])?

Alhoewel bostaande lys van vrae die belangrikste kenmerke van *Lithops* dek, kan die lys sekerlik nog uitgebrei word. Om egter net hierdie vrae in 'n stel besluitnemingsreëls saam te vat, en om die inligting wat op grond van die vrae versamel word, te verwerk, is reeds 'n enorme taak. 'n Eenvoudige samevoeging van al die moontlike antwoorde wat hierbo gelys word, lewer sowat 35 miljoen moontlike kombinasies. (Hiermee word geïmpliseer dat daar 35 miljoen verskillende *Lithops* is nie, maar bloot dat dit die getal antwoord-kombinasies is waardeur die ekspertstelsel sal moet sif.) Om sake verder te bemoeilik, is daar nog intraspesifieke variasies ook. So beskryf Cole¹ soms 'n plant as: “*Windows usually ± occluded, occasionally ± completely open, sometimes reduced to very narrow channels and miniwindows ...*”

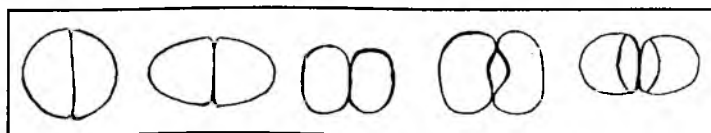
5.2 Implementering

As 'n wegspringpunt is daar besluit om 'n ekspertstelsel te ontwikkel rondom slegs die volgende kenmerke:^{1,8}

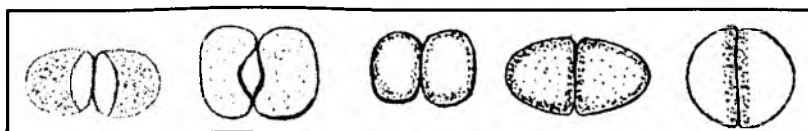
1. Profiel
 - a. Vorm (plat bokant / bolronde bokant / V-vormig met plat bokant / V-vormig met bolronde bokant).
 - b. Skeurdiepte tussen die twee blare (1-2 mm / 3-7 mm / 8-12 mm / > 12 mm).
2. Gesig
 - a. Bo-aansig (rond / ellipties / agt-vormig / niervormig / oopgesper ellipties).



Figuur 3: Tipiese *Lithops*-profile.



Figuur 4: Tipiese *Lithops*-bo-aansigte.



Figuur 5: Tipiese spikkelpatrone van *Lithops*-bo-aansigte.

- b. Gelykheid van blaargesig (gelyk / tussenin / ongelyk).
- c. Tekstuur (glad / effens grof / grof).
- 3. Grenslyne op buiterand van bo-aansig
 - a. Duidelikheid (duidelik / onduidelik).
 - b. Wydte (smal / breed).
 - c. Reëlmatigheid (reëlmatig / onreëlmatig).
 - d. Skiereilande (ja / nee).
- 4. Vensters / deurskynende dele op gesig (groot / gedeeltelik oop / afwesig).
- 5. Strepies / kanale op gesig
 - a. Wydte (smal / breed).
 - b. Deurskynendheid (deurskynend / ondeurskynend).
 - c. Diepte (ingesink / gelyk met gesig).

Die aantal moontlikhede wat uit bostaande opsies voortspruit, is steeds baie (in die orde van tweehonderd en tagtig duisend), maar dit is aansienlik minder as die 35 miljoen soos voorheen bespreek. Die prys wat vir hierdie verlaagde kompleksiteit betaal word, is 'n verlies aan identifikasie-akkuraatheid. In plaas van 'n unieke antwoord op elke navraag, gee die ekspertstelsel nou 'n aantal moontlike antwoorde, wat dan self verder deur die gebruiker verfyn moet word. Die doelwit was dat hierdie aanvanklike stelsel nie meer as vyf moontlike antwoorde op 'n navraag moet verskaf nie. Die rasionaal was dat dit beter is om aanvanklik 'n eenvoudiger en vinniger ekspertstelsel te hê, wat wel werk; en dat dit beter is om uit vyf moontlike antwoorde te moet kies wanneer 'n spesifieke *Lithops* geïdentifiseer moet word, as wat dit is om uit meer as 110 moontlikhede te moet kies.

Datatabelle - soos bv. in tabel 1 getoon - is vir 110 soorte *Lithops* saamgestel op grond van beskikbare inligting, en dit is in rekenaargeheue gestoor.

5.3 Uitsette

Die truwaartse benadering is maklik, deurdat die gebruiker 'n spesifieke *Lithops* se naam verskaf, en die ekspertstelsel dan al die kenmerke van die spesifieke plant, soos gestoor in die databasis, aan die gebruiker vertoon. Die voorwaartse benadering is die moeiliker een, omdat die doelwit daarmee is om op 'n sistematiese wyse die aantal moontlikhede te verminder, en om op grond van gebruikerinsette 'n spesifieke plant te identifiseer. Plantkenmerke wat nie een-eenduidig gekarakteriseer kan word nie, maak die elimineringsproses vir die ekspertstelsel baie moeilik. Hoe meer kenmerke in die databasis ingesluit kan word, hoe minder sensitief is die stelsel vir onsekere, en selfs verkeerde, antwoorde.

Weens die verminderde aantal identifikasiekriteria gee die ekspertstelsel tans geen antwoord in sowat 40% van alle navrae nie. In hierdie gevalle kan die stelsel nie die gegewe insette korreleer met die gestoorde data nie. In sowat 55% van die

gevalle gee die ekspertstelsel vyf of minder moontlikhede waaruit die gebruiker dan moet kies; en in sowat 5% van die gevalle word meer as vyf moontlike antwoorde gegee. Alhoewel die stelselwerking tans nog glad nie as baie goed bestempel kan word nie, is dit reeds 'n goeie begin. Die stelselwerking kan verbeter word deur meer identifikasiekriteria te gebruik, maar net in ruil vir groter kompleksiteit en stadiger reaksietyd. Met voortdurende verbeteringe in rekenaartegnologie is hierdie nadele egter vinnig besig om onbeduidend te raak.

6. SLOTOPMERKINGS

Hierdie projek is begin as 'n elektriese- en elektroniese-ingenieurstudent se finalejaar-projekondersoek;⁸ en is met baie beperkte hulpbronne aangepak. 'n Werkende prototipe van die ekspertstelsel is ontwikkel, wat nog uitgebrei en verfyn moet word. Nieteenstaande die gebreke van die huidige stelsel is dit reeds 'n nuttige instrument vir identifikasie van *Lithops*. 'n Moontlike toekomstige uitbreiding van die stelsel kan wees om masjienvisie te gebruik om die rekenaar self te laat besluit wat is die kenmerke van die plant wat geïdentifiseer moet word. Voor dit egter aangepak word, moet die huidige ekspertstelsel nog eers verbeter word. Die resultate wat wel behaal word met 'n relatief eenvoudige ekspertstelsel toon die groot potensiaal wat hierdie tipe tegnologie het.

7. ERKENNING

Die outeur spreek graag dank uit teenoor mnr. J.D. Bredenkamp wat die prototipe-databasis⁸ wat in hierdie artikel vermeld word, ontwikkel het; en teenoor mnr. Jacob van Preen, wat vir jare reeds sy grondige kennis en entoesiasme oor *Lithops* vryelik deel.

8. LITERATUURVERWYSINGS

1. Colc, D.T. (1988). *Lithops - Flowering Stones* (Acorn Books, Randburg).
2. Dallwitz, M.J. (1992). A Comparison of Matrix-Based Taxonomic Identification Systems with Rule-Based Systems, *Proceedings of IFAC Workshop on Expert Systems in Agriculture*, 215-218 (International Academic Publishers, Beijing).
3. <http://biodiversity.uno.edu/delta/www/idprogs.htm>
4. Beynon-Davies, P. (1991). *Expert Database Systems - A Gentle Introduction* (McGraw-Hill, London).
5. Lucas, P. (1991). *Principles of Expert Systems* (Addison-Wesley, Wokingham).
6. Forsyth, R. (1989). *Expert Systems - Principles and Case Studies* (Chapman & Hall, London).
7. Nebcndahl, D. (1988). *Expert Systems - Introduction to the Technology and Applications* (Wiley, New York).
8. Bredenkamp, J.D. (1995). 'n Rekenaar-gebaseerde Klassifikasiesistelsel vir *Lithops*. B.Ing. (Elektries en Elektroniese)-skripsie (Randse Afrikaanse Universiteit, Johannesburg).

Tabel 1 Voorbeeld van data wat vir elke soort *Lithops* gestoor word

Identifikasie-nommer	Naam	Profielvorm	Skeurdiepte	Gesigvorm
1	<i>L. aucampiae</i> Subsp. <i>aucampiae</i> var. <i>aucampiae</i>	Plat bokant	3-7 mm	Niervormig
2	<i>L. aucampiae</i> Subsp. <i>aucampiae</i> var. <i>aucampiae</i> cv. <i>Betty's Beryl</i>	Plat bokant	3-7 mm	Niervormig
3
.....
110	<i>L. wernerii</i>	Bolronde bokant	4-8 mm	Agt-vormig