



UNIVERSIDADE DO MINHO
MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

Programação em Lógica, Conhecimento e Raciocínio

Trabalho realizado por:

Fábio França 61785

Filipe Fernandes 61754

Docente:

Professor José Maia Neves

Professor César Rodrigues

Janeiro de 2014

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Preliminares	2
2.1	Sistemas de Apoio à Decisão	2
2.2	Regras de Produção	2
2.3	Forward e Backward Chaining	3
3	Descrição do Trabalho e Análise de Resultados	5
3.1	Descrição do Trabalho	5
3.2	Representação do Conhecimento e Mecanismos de Raciocínio	6
3.2.1	Regras de Produção	6
3.2.2	Grau de confiança	6
3.2.3	Inserir Sintomas	7
3.2.4	Diagnóstico	7
3.2.5	Sintomas e Ver Sintomas	8
3.2.6	Novo Diagnóstico	10
3.2.7	Invariantes	10
3.3	Análise de Resultados	11
4	Conclusões	13
5	Bibliografia	14
6	Apendices	15

1 Introdução

O presente trabalho da componente prática de Programação em Lógica, Conhecimento e Raciocínio encontra-se englobado na utilização de regras de produção na representação de conhecimento e na criação de formas de raciocínio, adequadas ao desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão.

Para tal pretende-se desenvolver um sistema de apoio à decisão clínica capaz de desenvolver e ilustrar funcionalidades subjacentes aos sistemas de apoio à decisão, em termos do diagnóstico clínico, recorrendo à utilização de regras de produção.

Neste sentido deverá ser possível:

- Representar conhecimento intencional por meio de regras de produção;
- Representar conhecimento factual, característico da identificação de problemas;
- Representar a qualidade da informação em termos da confiança associada à ocorrência;
- Lidar com a problemática associada à identificação e caracterização de problemas e consequente elaboração de diagnóstico e respectiva terapia;
- Desenvolver sistema(s) de inferência capaz(es) de implementar os mecanismos de raciocínio inerentes a estes sistemas.

2 Preliminares

2.1 Sistemas de Apoio à Decisão

Dentro dos sistemas de informação, existe uma classe designada Sistema de apoio à decisão utilizado como um modelo genérico para auxílio na tomada de decisão. Este permite analisar um conjunto vasto de variáveis e permitir o posicionamento de informação para determinado objetivo e problema. Assim sendo, os sistemas de apoio à decisão, consistem numa análise de condições existentes, que a partir de estimativas da importância das alternativas, permitem inferir uma decisão.

Os processos de decisão dentro das empresas e outras organizações dependem fortemente do conhecimento que os decisores têm da realidade com que trabalham. Muito desse conhecimento pode ser retirado dos dados resultantes da atividade normal da empresa, e que são continuamente acumulados pelos sistemas de informação transacionais. A transformação eficiente e eficaz desses dados em conhecimento acionável, que possa resultar num melhor desempenho da organização, passa pelo domínio de técnicas de análise de dados. Entre estas contam-se várias técnicas estatísticas e de data mining (prospecção em dados), especialmente vocacionadas para a extração de conhecimento a partir de grandes volumes de dados existentes em bases de dados transacionais. Como se percebe são várias as possibilidades de utilização deste tipo de sistema. Uma das problemáticas mais desenvolvida são os Sistemas de apoio à decisão clínica na qual se constroem aplicações para auxiliar médicos na tomada de decisão de diagnóstico e terapêutica de pacientes.

2.2 Regras de Produção

Um sistema de produção ou sistema de regras de produção é normalmente utilizado para fornecer alguma forma de inteligência artificial, consistindo num conjunto de regras para determinado comportamento(estado). Estas regras são uma representação básica e útil no planeamento automatizado, e sistemas de seleção de ação. Um sistema de produção fornece o mecanismo necessário para executar produções, a fim de atingir uma meta para o sistema.

Um sistema típico de regras de produção é formado por:

- Base de conhecimento;
 - composta por regras e factos;
 - regras: declaração sobre classes e objetos, "Se" condição "Então" ação;
 - factos: declarações sobre objectos específicos.
- Memória de Trabalho;
 - representa o estado do problema em dado instante(permite a comunicação entre regras).
- Sistema de inferências.

- responsável pela execução de regras, determinando quais são relevantes, de acordo com a configuração da memória de trabalho e pela escolha de quais aplicar.

Pode-se então definir o conhecimento composto por regras e factos da seguinte forma:

"Se" condição "Então" conclusão
"Se" conclusão "Então" tratamento "porque" condição

Neste sentido, a condição introduzida primeiramente, bem como a conclusão obtida pelo facto, podem ser elas próprias uma condição para nova regra. Nesta perspetiva, cria-se evolução de conhecimento fundamental para o auxílio ao diagnóstico. Além da representação de cada condição e conclusão associada, é necessário dotar o sistema de regras de produção em termos de confiança associada à ocorrência. Desta forma e como cada conclusão nem sempre é certa é requerido que se lhe associe um determinado valor que indique a sua probabilidade (e.g pouco provável). Estes valores são graus de confiança, definidos obviamente num intervalo de valores de 0 a 1.

2.3 Forward e Backward Chaining

Regras podem ser avaliadas através de dois modos distintos designados Forward Chaining (Encadeamento Progressivo) e Backward Chaining (Encadeamento Regressivo). Dependendo do tipo de objetivo a obter do conhecimento deverá ser usada uma ou outra estratégia.

No forward Chaining, o ponto de partida na Base de Conhecimento é a unificação das condições das várias regras com o facto em análise. Este é então favorável quando se possui conhecimento dos sintomas de um paciente e se pretende conhecer a doença que o afecta bem como a terapêutica apropriada. Assim sendo, a direção de pesquisa é dos dados para as metas ou hipóteses.

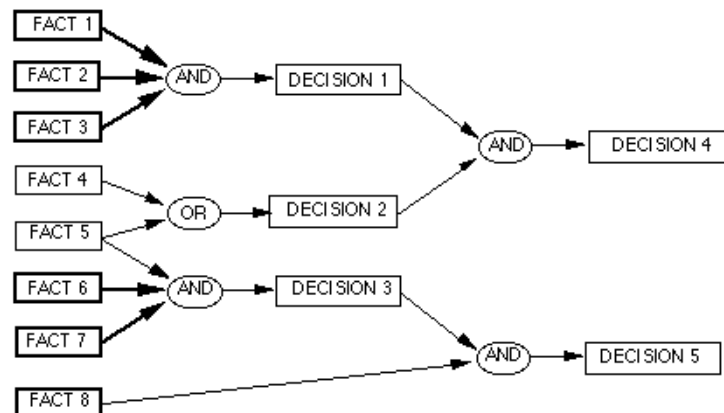


Figura 1: Forward Chaining

O Backward Chaining é um mecanismo regressivo, e como tal a direção de pesquisa é das metas para os dados. Assim sendo, deve-se procurar unificar as conclusões e

recorrendo a uma evolução a partir das conclusões para determinar os factos. Esta estratégia será útil quando se pretende pesquisar acerca de uma doença de forma a obter os sintomas que lhe setão associados.

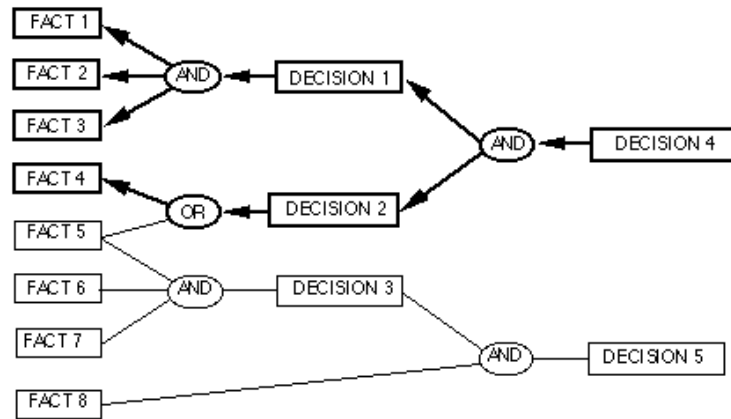


Figura 2: Backward Chaining

3 Descrição do Trabalho e Análise de Resultados

3.1 Descrição do Trabalho

Neste trabalho prático pretende-se desenvolver regras de produção na representação de conhecimento e na criação de formas de raciocínio, adequadas ao desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão em ambiente clínico. Nesta perspetiva, este deve ser capaz de descrever as situações que se exemplificam na figura 3.

Sintoma	Ocorrência	Diagnóstico	Tratamento
Frequência cardíaca: lenta	Certeza	Bradicardia	Administração de atropina
Frequência cardíaca: rápida	Certeza	Taquicardia	Dieta alimentar
Frequência cardíaca: rápida e irregular	Certeza	Arritmia	Cardioversão
Taquicardia e consumo de café	Probabilidade média	Taquicardia paroxística	Tossir ou suspender respiração por 1 minuto
Taquicardia e consumo de álcool	Probabilidade média	Taquicardia paroxística	Imergir a cabeça em água fria
Emagrecimento e diarreia e flatulência	Probabilidade baixa	Dispepsia	Gastroscoopia
Diarreia e flatulência e mau hálito	Probabilidade alta	Dispepsia	Saneamento bucal
Flatulência e ausência de odor	Probabilidade alta	Anosmia	Remoção de pólipos nasais

Figura 3: Casos clínicos descritos

O caso prático tem como objetivo a demonstração dos mecanismos de raciocínio desenvolvidos numa consulta médica. Nesta é expectável que o paciente declare os seus sintomas ao médico, que deverá atribuir a cada um deles determinado grau de confiança. Através dos dados obtidos, este deverá ser capaz de recorrer ao sistema de apoio à decisão criado, de forma a obter o diagnóstico e correspondente tratamento.

3.2 Representação do Conhecimento e Mecanismos de Raciocínio

3.2.1 Regras de Produção

As regras de produção desenvolvidas têm como base a tabela presente na figura 3, fornecida pelo docente. Nestas encontram-se presentes além do(s) sintoma(s), o diagnóstico associado bem como a terapêutica necessária e a probabilidade de ocorrência. Neste sentido foram criadas regras com a seguinte estrutura:

se Sintoma entao Diagnóstico com Grau de Confiança

Desta forma e como título de exemplo

(se 'taquicardia' e 'consumo de alcool' entao 'taquicardia paroxistica') com 0.7.

Na representação utilizada nas regras de produção, utilizaram-se os operadores *se*, *entao* e *com*. Desta forma **se** existir um sintoma **então** teremos um diagnóstico **com** determinado grau de confiança.

Além deste tipo de representação foi ainda desenvolvido outro tipo de abordagem com a seguinte estrutura:

se Diagnóstico então Tratamento porque Sintoma

(se 'taquicardia paroxistica' entao 'tossir' ou 'suspender a respiracao por 1 minuto') porque ('taquicardia' e 'consumo de cafe').

Para esta representação além dos operadores *se* e *então* utilizados anteriormente, foi introduzido o operador *porque*. Desta forma é possível obter o diagnóstico e respetivo tratamento através dos sistemas referenciados. Como se pode verificar, se a um paciente foi diagnosticado taquicardia paroxistica e lhe foi recomendado tossir ou suspender a respiração por 1 minuto, então é sinal que este apresentou como sintomas taquicardia e consumo de café. As restantes regras de produção encontram-se descritas em anexo.

3.2.2 Grau de confiança

Tal como requerido, foi necessário representar a qualidade da informação em termos da confiança associada à ocorrência. Assim sendo, definiu-se o predicado grau de confiança. Este permite a conversão de um valor compreendido entre 0 e 1, no seu significado probabilístico, desde impossível a certo, com intermédios de *pouco provável*, *provável* ou muito provável. Aqui se apresenta o predicado grau de confiança utilizado:

```

% Predicado grau_confiança

grau_confiança( G,'impossível' ) :- G=0.

grau_confiança( G,'pouco provável' ) :- 0<G, G<0.33.

grau_confiança( G,'provável' ) :- 0.33=<G, G<0.66.

grau_confiança( G,'muito provável' ) :- 0.66=<G, G<1.

grau_confiança( G,'certo' ) :- G=1.

```

3.2.3 Inserir Sintomas

Tratando-se este caso prático de um ambiente de diagnóstico clínico, é necessário que o médico possa introduzir os sintomas apontados/verificados do paciente e por com seguinte consiga designar o diagnóstico mais provável. Assim sendo, foi criado o predicado *inserir_sintomas* composto por dois argumentos. Os argumentos são respectivamente o sintoma referido e o grau de confiança introduzido pelo médico.

```

% Extensao do predicado inserir_sintomas : Sintomas , Grau de Confiança -> {V,F}

inserir_sintomas( S,G ) :- solucoes( I,+( facto( S ) com G )::I,L ),
                           insere_S( facto( S ) com G ),
                           teste(L).

insere_S( facto( S ) com G ) :- assert( facto( S ) com G ).
insere_S( facto( S ) com G ) :- retract( facto( S ) com G ), !,fail.

teste( [] ).
teste( [R|L] ) :- R,
                  teste( L ).

```

3.2.4 Diagnóstico

Num acto de consulta médica, após a introdução dos sintomas, é necessário que se obtenha a partir deste o correspondente diagnóstico possível bem como a terapêutica e o grau de confiança. Tal como anteriormente mencionado existem dois sistemas de inferência denominados Forward Chaining e Backward Chaining. Como mencionado no Forward Chaining o ponto de partida na Base de Conhecimento é a unificação das

condições das várias regras com o facto em análise. Assim sendo este é o método mais adequado uma vez que se pretende retornar o conjunto de doenças partindo dos sintomas introduzidos, referindo qual o melhor tratamento a optar.

```
diagnostico( D ) :- demo2(D,Gf,T,S),
                    write('sintomas associados: '),      write(S), nl,
                    write('grau de confiança de diagnostico: '), write(Gf), nl,
                    write('tratamento: '),              write(T).
```

```
diagnostico(D) :- write('Nada a assinalar').
```

```
demo2(D,Gf,T,S) :-
    ( (se S entao D) com G),
    ( (se D entao T) porque S),
    composicao( S, G1),
    G2 is G*G1,
    grau_confianca( G2, Gf ),
    insere( facto(D) com G2 ).
```

O predicado *diagnostico* retorna os vários diagnósticos de acordo com os sintomas apresentados pelos pacientes, aqueles que são inseridos pelo predicado *inserir sintomas*. Para além do diagnóstico, este predicado dá-nos informação sobre o grau de confiança deste e o tratamento correspondente. Numa fase final , este diagnóstico é inserido na base de conhecimento com o respectivo grau de confiança , de forma a ser tratado como um sintoma para futuros diagnósticos. Por exemplo , a taquicardia tanto pode ser diagnosticada, pelo paciente apresentar frequência cardíaca elevada, como ser um sintoma , juntamente com um consumo de cafe elevado, de taquicardia paroxística.

3.2.5 Sintomas e Ver Sintomas

Tendo em conta a contante introdução de sintomas no sistema, optou-se pela criação de dois predicados associados a estes. No predicado *sintomas*, pretende-se obter os sintomas associados a determinado diagnóstico anterior, sendo este composto por um argumento mais especificamente o diagnóstico cujos sintomas se pretendem verificar.

```
%----- - - - - -
% Extensao do predicado diagnostico que permite obter
% os sintomas de um diagnostico feito no passado
```

```
sintomas(D) :- demo(D,Gf,T,S),
```

```

| ?- inserir_sintomas('frequencia cardiaca rapida',0.5).
yes
| ?- diagnostico(X).
sintomas associados: frequencia cardiaca rapida
grau de confianca de diagnostico: provavel
tratamento: dieta alimentar
X = taquicardia ?
yes
| ?- inserir_sintomas('consumo de cafe',0.7).
yes
| ?- diagnostico(X).
sintomas associados: frequencia cardiaca rapida
grau de confianca de diagnostico: provavel
tratamento: dieta alimentar
X = taquicardia ? n
sintomas associados: taquicardia e consumo de cafe
grau de confianca de diagnostico: provavel
tratamento: tossir ou suspender a respiracao por 1 minuto
X = 'taquicardia paroxistica' ?
yes _

```

Figura 4: Demonstração do predicado *diagnostico*

```

write('sintomas associados: '), write(S), nl.

demo(D,Gf,T,S) :-
    ( (se S entao D) com G),
    ( (se D entao T) porque S),
    insere( facto(S) com 1 ).

```

Por outro lado, o predicado *ver sintomas* permite por sua vez obter os sintomas até então introduzidos na realização de um diagnóstico médico.

```

%-----
%Extensão do predicado ver_sintomas que permite ver todos os sintomas inseridos

ver_sintomas:-
    findall(X,facto(X) com G,Lista),
    write(Lista).

```

3.2.6 Novo Diagnóstico

Tendo em conta que um médico não realiza diagnósticos a apenas um paciente é necessário remover os sintomas anteriormente introduzidos. Dessa forma criou-se o predicado *novo diagnostico*, que tal como o próprio nome indica permite realizar um novo diagnóstico.

```
%----- - - - - -  
%Extensão do predicado novo_diagnostico que permite  
% apagar os sintomas inseridos anteriormente  
  
novo_diagnostico :- retractall( facto( X ) com G ),  
                    write('sintomas apagados').
```

3.2.7 Invariantes

Por forma a garantir a consistência e proximidade com um ambiente de diagnóstico clínico foram desenvolvidos dois invariantes. O primeiro invariante não permite a introdução de sintomas repetidos, por sua vez o segundo garante que o grau de confiança associado a determinado sintoma introduzido se encontra no intervalos de valores compreendido entre 0 e 1, inclusive.

```
%----- - - - - -  
% Invariante que nao permite que sejam introduzidos sintomas repetidos.  
  
+( facto( S ) com G ) :: ( solucoes( S, ( facto( S ) com G), J ),  
    comprimento( J,N ), N == 1 ).  
  
%----- - - - - -  
% Invariante que limita o grau de confianca entre 0 e 1.  
  
+( facto( FACTO ) com GRAU ) :: (
```

3.3 Análise de Resultados

Nesta seção serão apresentados exemplos de aplicação do programa em Prolog.

```
| ?- inserir_sintomas('consumo de cafe',0.5).
yes
| ?- sintomas('taquicardia').
sintomas associados: frequencia cardiaca rapida
yes
| ?- ver_sintomas.
[frequencia cardiaca rapida,consumo de cafe]
yes
| ?- diagnostico(X).
sintomas associados: frequencia cardiaca rapida
grau de confianca de diagnostico: certo
tratamento: dieta alimentar
X = taquicardia ? n
sintomas associados: taquicardia e consumo de cafe
grau de confianca de diagnostico: provavel
tratamento: tossir ou suspender a respiracao por 1 minuto
X = 'taquicardia paroxistica' ? n
Nada a assinalar
.
```

Figura 5: Inserção de Sintomas e correspondente Diagnóstico

```
| ?- grau_confianca(0.20,X).
X = 'pouco provavel' ?
yes
| ?- grau_confianca(0.60,X).
X = provavel ?
yes
| ?- grau_confianca(0.80,X).
X = 'muito provavel' ?
yes
| ?- grau_confianca(0,X).
X = impossivel ?
yes
| ?- grau_confianca(1,X).
X = certo ?
yes
| ?- ■
```

Figura 6: Graus de Confiança

```

| ?- inserir_sintomas('diarreia',0.5).
yes
| ?- ver_sintomas.
[diarreia]
yes
| ?- novo_diagnostico.
sintomas apagados
yes
| ?- ver_sintomas.
[]
yes

```

Figura 7: Novo Diagnóstico e teste de sintomas

```

| ?- inserir_sintomas('diarreia',2).
no
| ?-
| ?-
| ?- inserir_sintomas('diarreia',0.2).
yes
| ?- inserir_sintomas('diarreia',0.2).
no
| ?- ■

```

Figura 8: Teste de Invariantes

4 Conclusões

No presente e último trabalho prático englobado na unidade curricular de Programação em Lógica, Conhecimento e Raciocínio desenvolveu-se um sistema de apoio à decisão em ambiente clínico. Para tal foi necessária a implementação de regras de produção associadas a um sistema de inferência capaz de auxiliar um médico tendo em conta os sintomas apresentados por determinado paciente.

Neste sentido foi utilizado o método de Forward Chaining, uma vez que se pretende através dos sintomas do paciente alcançar o possível diagnóstico bem como o tratamento designado. Convém ainda referir que para cada diagnóstico realizado se obtém a probabilidade de certeza do mesmo.

Através da realização do trabalho prático em causa foi possível a utilização de regras de produção na representação de conhecimento e na criação de formas de raciocínio, adequadas ao desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão. Neste sentido além do desenvolvimento de capacidades em Linguagem Prolog conseguiu-se realizar a importância de sistemas de apoio à decisão não apenas em ambiente clínico mas em diversos universos organizacionais.

Em forma de sugestão futura, seria interessante estender a base de conhecimento através da introdução de sintomas, diagnósticos e corresponde terapêutica, obtendo a descrição mais completa do universo clínico. Outra implementação relevante seria dotar o sistema de informação estatística, possibilitando assim determinar a percentagem de diagnósticos corretos bem como os casos em que o tratamento sugerido foi eficaz.

5 Bibliografia

[1] Bratko, I. Prolog Programming for Artificial Intelligence. 3a Edição. Addison-Wesley Publishers Limited, 2001.

[2] SICStus Prolog User's Manual.

[3] Analide, César; Maia Neves, José. “Apontamentos das aulas teóricas da unidade curricular Programação em Lógica e Representação do Conhecimento”, 2012.

6 Apêndices

De seguida se apresentam as regras de produção desenvolvidas

```
%----- - - - - -  
% Regras de Producao: se SINTOMA entao DIAGNOSTICO com Grau de Confiança
```

```
(se 'frequencia cardiaca lenta' entao 'bradicardia') com 1.
```

```
(se 'frequencia cardiaca rapida' entao 'taquicardia') com 1.
```

```
(se 'frequencia cardiaca rapida' e 'frequencia cardiaca irregular'  
entao 'arritmia') com 1.
```

```
(se 'taquicardia' e 'consumo de cafe' entao 'taquicardia paroxistica') com 0.7.
```

```
(se 'taquicardia' e 'consumo de alcool' entao 'taquicardia paroxistica') com 0.7.
```

```
(se 'emagrecimento' e 'diarreia' e 'flatulencia' entao 'dispepsia') com 0.6.
```

```
(se 'diarreia' e 'flatulencia' e 'mau halito' entao 'dispepsia') com 0.9.
```

```
(se 'flatulencia' e 'ausencia de odor' entao 'anosmia') com 0.9.
```

```
%----- - - - - -  
% Regras de Producao: se DIAGNOSTICO entao TRATAMENTO porque SINTOMA
```

```
( se 'bradicardia' entao 'administracao de atropina' )  
porque ( 'frequencia cardiaca lenta' ).
```

```
( se 'taquicardia' entao 'dieta alimentar' )  
porque ( 'frequencia cardiaca rapida' ).
```

```
( se 'arritmia' entao 'cardioversao' )  
porque ( 'frequencia cardiaca rapida' e 'frequencia cardiaca irregular' ).
```

```
( se 'taquicardia paroxistica' entao 'tossir'  
ou 'suspender a respiracao por 1 minuto' ) porque  
( 'taquicardia' e 'consumo de cafe' ).
```

```
( se 'taquicardia paroxistica' entao 'imersao a cabeca em agua fria' )  
porque ( 'taquicardia' e 'consumo de alcool' ).
```

```
( se 'dispepsia' entao 'gastroscopia' )  
porque ( 'emagrecimento' e 'diarreia' e 'flatulencia').
```

```
( se 'dispepsia' entao 'saneamento bucal' )  
porque ( 'diarreia' e 'flatulencia' e 'mau halito' ).
```

```
( se 'anosmia' entao 'remocao de polipos nasais' )  
porque ( 'flatulencia' e 'ausencia de odor').
```

```
%----- - - - - - - - - - - - - - - -
```