



Universidade Do Minho

Mestrado Integrado Em Engenharia Biomédica

Programação em Lógica, Conhecimento e Raciocínio

REGRAS DE PRODUÇÃO

Trabalho Prático - 3ª Parte

Braga, Janeiro 2013



Universidade Do Minho

Mestrado Integrado Em Engenharia Biomédica

Programação em Lógica, Conhecimento e Raciocínio

REGRAS DE PRODUÇÃO

Trabalho Prático - 3ª Parte

Docentes: César Analide

José Neves

Grupo 5: Hugo Gomes (58536)
Marta Moreira (54459)
Telma Veloso (58521)

Resumo

Pretendia-se, partindo de um exemplo aproximado a uma dada realidade clínica, desenvolver uma solução em lógica com base na qual se pretendia desenvolver um sistema básico de apoio à decisão. Neste sentido, foi caracterizada uma base de regras e desenvolvido um conjunto de mecanismos de inferência que implementassem as necessidades básicas do sistema, sendo que se desenvolveram duas abordagens — **Forward Chaining** e **Backward Chaining** —, de forma a lidar com as diferentes possibilidades de manipulação dos episódios clínicos.

O referido sistema de representação de conhecimento e raciocínio foi implementado recorrendo à linguagem de programação Prolog e ao software SICStus.

Conteúdo

1	Introdução	3
2	Abordagem ao Problema	5
2.1	Base de Regras	5
2.1.1	Regras de Produção	5
2.1.2	Meta-Conhecimento	5
2.2	Mecanismo de Inferência	6
2.2.1	Forward Chaining	6
2.2.2	Backward Chaining	9
3	Conclusão	12

1 Introdução

O presente relatório, elaborado no âmbito da Unidade Curricular de Programação em Lógica, Conhecimento e Raciocínio, visa descrever o processo de desenvolvimento de uma solução capaz de dar resposta ao problema de construir um sistema de apoio à decisão em ambiente clínico capaz de descrever situações em que, dado um panorama sintomático, seja necessário inferir um diagnóstico e o respectivo tratamento, associando necessariamente o primeiro a um grau de confiança, conforme será explicitado mais à frente.

Como objectivos centrais do trabalho desenvolvido, destacam-se a representação de conhecimento intencional e factual, por intermédio de regras de produção e factos inerentes à identificação de problemas, respectivamente, com a particularidade de associar à informação o referido grau de confiança, que veicula uma expectativa ponderada da qualidade desta. O conceito de regra de produção surge, neste contexto, como uma forma de representar conhecimento por intermédio de pares **condição-acção**, sendo que estas regras, quando utilizadas conjuntamente com raciocínio progressivo, viabilizam a produção de novos factos a partir dos factos e regras existentes na base de conhecimento. Estas representações modulares sustentam a construção dos chamados Sistemas de Produção, que consistem em três módulos principais:

- **Base de Regras:** de carácter permanente, é constituída pelas regras **se-então** e pelos factos conhecidos, detendo ainda meta-conhecimento sob a forma de estratégias para a resolução de conflitos;
- **Memória de Trabalho:** de carácter temporário, diz respeito à base de factos derivados no decorrer da actividade do agente, sendo constituída pelas percepções deste e pelos factos gerados a partir da **Base de Regras** pelo mecanismo de inferência. Diz, assim, respeito à instância do problema actual, considerando as respectivas hipóteses e objectivos, e compreende um conjunto de conflito, isto é, um conjunto de possíveis regras a serem 'disparadas';
- **Mecanismo de Inferência:** determina o método de raciocínio utilizado — que pode ser progressivo ou regressivo — e, através de estratégias de procura com unificação, resolve conflitos e executa acções.

Assim, ao invés de se obter uma representação do conhecimento meramente declarativa e estática, este é representado em termos de um conjunto de regras que fornecem indicações acerca do que deve ser feito ou do que é possível concluir em diferentes situações. Genericamente, pode afirmar-se que existem dois tipos de Sistema de Produção:

- **Forward Chaining**
- **Backward Chaining**

A distinção entre ambos prende-se, sobretudo, com a orientação: os sistemas **Forward Chaining** são primariamente orientados aos dados, enquanto que os **Backward Chaining** são orientados aos objectivos. Mais especificamente, nos sistemas **Forward Chaining** os factos são representados numa memória de trabalho que é continuamente actualizada, sendo que as regras — normalmente designadas de regras **condição-acção** — representam possíveis acções a realizar quando determinadas condições padrão unificam com elementos da memória de trabalho. A aplicação das referidas regras — e, conseqüentemente, a actividade do sistema — é controlada por um interpretador e a selecção de uma regra específica baseia-se em estratégias fixas, denominadas de estratégias de resolução de conflitos. A abordagem **Forward Chaining** revela-se mais adequada quando os factos iniciais são conhecidos na sua totalidade e não existe uma ideia concreta acerca das possibilidades de conclusão. Por sua vez, os sistemas **Backward Chaining** partem de um dado objectivo que se

pretende comprovar, sendo que o sistema verifica, numa primeira fase, se o referido objectivo corresponde aos factos inicialmente veiculados. Caso corresponda, o objectivo sucede; em caso contrário, o sistema procura regras cujas conclusões coincidam com este, escolhendo depois uma, de forma a tentar provar quaisquer factos nas precondições da regra utilizando um procedimento semelhantes ao anterior, estabelecendo-os como novos objectivos a provar. Contrariamente ao **Forward Chaining**, este tipo de sistema não requer a actualização da memória de trabalho, necessitando apenas de manter-se a par dos objectivos necessários à comprovação da hipótese principal [1].

No âmbito dos sistemas baseados em conhecimento, torna-se impreterível tomar em consideração a credibilidade e a fiabilidade do conhecimento disponibilizado, dado que as fontes das quais este provem estão, não raras vezes, associadas a um dado nível de ambiguidade ou contradição, e o próprio conhecimento pode ser o resultado de um número limitado de observações em contexto empírico. Neste sentido, a atribuição de um grau de confiança ao conhecimento introduzido numa base de conhecimento surge como um procedimento lógico de forma a clarificar e esclarecer os níveis de credibilidade com os quais o sistema em questão lida [2].

2 Abordagem ao Problema

2.1 Base de Regras

2.1.1 Regras de Produção

Numa fase inicial, desenvolveram-se, com base na informação patente na Tabela 1, as regras de produção referentes ao conhecimento que se pretendia representar, relacionado com episódios sintomáticos e os respectivos grau de ocorrência e diagnóstico, bem como com o tratamento aconselhado dadas essas condicionantes.

Tabela 1: Situações inerentes à construção das regras de produção constituintes da **Base de Regras**

Sintoma	Ocorrência	Diagnóstico	Tratamento
Frequência cardíaca: lenta	Certa	Bradycardia	Administração de atropina
Frequência cardíaca: rápida	Certa	Taquicardia	Dieta alimentar
Frequência cardíaca: rápida e irregular	Certa	Arritmia	Cardioversão
Taquicardia e consumo de café	Provável	Taquicardia Paroxística	Tossir e suspender a respiração por 1 minuto
Taquicardia e consumo de álcool	Provável	Taquicardia Paroxística	Imergir a cabeça em água fria
Emagrecimento e diarreia e flatulência	Algo Provável	Dispepsia	Gastroscoopia
Diarreia e flatulência e mau hálito	Muito Provável	Dispepsia	Saneamento bucal
Flatulência e ausência de dor	Muito Provável	Anosmia	Remoção de pólipos nasais

Dada a modularidade do conhecimento envolvido, optou-se por construir as regras segundo a estrutura abaixo indicada, sendo que, de acordo com a informação contida na Tabela 1, foram construídas, inicialmente, oito regras de produção.

se CONDIÇÃO

entao CONCLUSÃO :: GRAU DE OCORRÊNCIA :: TRATAMENTO.

2.1.2 Meta-Conhecimento

Ainda no âmbito da Base de Regras, definiram-se os meta-predicados `inserir(S)` e `limpar`, com o objectivo de, no primeiro caso, viabilizar a inserção dos sintomas na base, verificando se cada um destes já foi previamente introduzido — isto é, se já se encontra na memória de trabalho. Em caso afirmativo, é impressa na consola a mensagem `'sintoma ja existente'`, sendo que a inserção de um novo sintoma gera uma mensagem do tipo `'sintoma inserido'`. O funcionamento deste predicado, por si só, torna desnecessária a inclusão de quaisquer invariantes no sistema, dado que nunca existirá informação repetida, de acordo com o processo explicitado anteriormente. Por outro lado, o meta-predicado `limpar` permite limpar todos os factos presentes na memória de trabalho, de forma a possibilitar o início de uma nova sessão por parte do agente.

Para além dos meta-predicados supracitados, definiram-se, adicionalmente, os predicados `diagnostico(D)` e `tratamento(T)`, que permitem consultar a informação relativa a um determinado diagnóstico e tratamento, respectivamente, consoante se exemplifica de seguida.

```
| ?- diagnostico('anosmia').
```

sintomas associados: flatulencia e ausencia de dor

grau de confianca de diagnostico: muito provavel

tratamento: remocao polipos nasais

yes

| ?- diagnostico('faringite').

diagnostico nao existente

yes

| ?- tratamento('remocao polipos nasais').

diagnostico: anosmia

sintomas associados: flatulencia e ausencia de dor

grau de confianca de diagnostico: muito provavel

yes

| ?- tratamento('ingestao analgesicos').

tratamento nao existente

yes

2.2 Mecanismo de Inferência

O problema em questão foi abordado segundo dois prismas distintos — os já mencionados métodos de raciocínio regressivo (*Backward Chaining*) e progressivo (*Forward Chaining*).

2.2.1 Forward Chaining

O método *Forward Chaining* foi empregue com a finalidade de, partindo de um conjunto de sintomas descritos como factos, obter um diagnóstico com um dado grau de ocorrência associado, de forma a transparcer a credibilidade (ou fiabilidade) do mesmo. Este sistema foi construído tendo por base três predicados distintos:

1. `exame(Q)`: retorna todos os valores diagnósticos possíveis, de acordo com os sintomas inseridos, percorrendo todos os factos no sentido de procurar 'matches', a partir dos quais se obtém o diagnóstico;
2. `composicao`: implementa a decomposição da intersecção entre os sintomas inseridos, estando subdividido em duas partes, de forma a desdobrar o `composicao(CONDICA0)` e `composicao(QUESTA01 e QUESTA02)`;
3. `insere(facto X)`: insere o diagnóstico resultante das iterações do predicado `composicao` — caso este não faça já parte da base — e a sua utilidade prende-se com a visualização de diagnósticos intermédios (por exemplo, dados os sintomas 'frequencia cardiaca rapida' e 'consumo de cafe', a unidade 'frequencia cardiaca rapida' é traduzida em 'taquicardia' que, por sua vez, associada ao 'consumo de café' resulta numa 'taquicardia paroxística'). Após completar este procedimento, imprime na consola as causas associadas, de forma a que o médico tenha acesso à justificação do diagnóstico, o respectivo grau de confiança e o tratamento aconselhado para aquele resultado em específico.

A título demonstrativo, apresentam-se três situações que ilustram o funcionamento e a aplicação específica do sistema anteriormente explicitado:

1. Diagnóstico associado ao sintoma 'frequencia cardiaca lenta':

```
| ?- inserir('frequencia cardiaca lenta').
```

```
sintoma inserido
```

```
yes
```

```
| ?- exame(Q).
```

```
causas associadas: frequencia cardiaca lenta
```

```
grau de confianca: certo
```

```
tratamento: administracao de atropina
```

```
Q = bradicardia ? y
```

```
yes
```

2. Diagnóstico associado aos sintomas 'frequencia cardiaca rapida e 'frequencia cardiaca irregular':

```
| ?- limpar.
```

```
processo concluido
```

yes

| ?- inserir('frequencia cardiaca rapida').

sintoma inserido

yes

| ?- inserir('frequencia cardiaca irregular').

sintoma inserido

yes

| ?- exame(Q).

causas associadas: frequencia cardiaca rapida

grau de confianca: certo

tratamento: dieta alimentar

Q = taquicardia ? n

causas associadas: frequencia cardiaca rapida e frequencia cardiaca irregular

grau de confianca: certo

tratamento: cardioversao

Q = arritmia ? y

yes

3. Diagnóstico associado ao caso especial da combinação dos sintomas 'frequencia cardiaca rapida' e 'consumo de café':

| ?- limpar.

processo concluido

yes

```
| ?- inserir('frequencia cardiaca rapida').
```

```
sintoma inserido
```

```
yes
```

```
| ?- inserir('consumo cafe').
```

```
sintoma inserido
```

```
yes
```

```
| ?- exame(Q).
```

```
causas associadas: frequencia cardiaca rapida
```

```
grau de confianca: certo
```

```
tratamento: dieta alimentar
```

```
Q = taquicardia ? n
```

```
causas associadas: taquicardia e consumo cafe
```

```
grau de confianca: provavel
```

```
tratamento: tossir ou suspender respiracao um minuto
```

```
Q = 'taquicardia paroxistica' ? y
```

```
yes
```

2.2.2 Backward Chaining

Por sua vez, no método **Backward Chaining**, parte do predicado `examinar` para retornar uma lista com os sintomas inseridos — por intermédio ao já referido predicado `inserir` - e os possíveis diagnósticos, a partir da qual o agente poderá inferir um diagnóstico, com base na sua experiência profissional e conhecimentos teóricos. De seguida, de forma a testar o referido diagnóstico, o agente deverá recorrer ao sistema introduzindo o comando `demo('diagnostico',X)`, em que o atributo `X` corresponde à resposta do sistema, igualmente composta pelo grau de ocorrência do diagnóstico para determinados sintomas e a sugestão terapêutica. Apresentam-se, de seguida, dois exemplos ilustrativos do funcionamento do sistema nestas condições.

1. Exemplo 1:

```
| ?- inserir('consumo cafe').
```

```
sintoma inserido
```

```
yes
```

```
| ?- inserir('frequencia cardiaca rapida').
```

```
sintoma inserido
```

```
yes
```

```
| ?- examinar.
```

```
[frequencia cardiaca rapida,consumo cafe,taquicardia,taquicardia paroxistica]
```

```
yes
```

```
| ?- demo('taquicardia paroxistica',X).
```

```
X = 'taquicardia paroxistica' com_grau provavel porque(taquicardia com_grau certo porque 'frequencia cardiaca rapida' com_grau indefinido logo_tratamento 'dieta alimentar')e('consumo cafe' com_grau indefinido)logo_tratamento 'tossir ou suspender respiracao um minuto' ?
```

```
yes
```

```
| ?- demo(taquicardia,X).
```

```
X = taquicardia com_grau certo porque 'frequencia cardiaca rapida' com_grau indefinido logo_tratamento 'dieta alimentar' ?
```

```
yes
```

2. Exemplo 2:

```
| ?- inserir('frequencia cardiaca rapida').
```

```
sintoma inserido
```

```
yes
```

| ?- inserir('frequencia cardiaca irregular').

sintoma inserido

yes

| ?- examinar.

[frequencia cardiaca irregular,frequencia cardiaca rapida,taquicardia,arritmia]

yes

| ?- demo(taquicardia,X).

X = taquicardia com_grau certo porque 'frequencia cardiaca rapida' com_grau indefinido logo_tratamento 'dieta alimentar' ?

yes

| ?- demo(arritmia,X).

X = arritmia com_grau certo porque('frequencia cardiaca rapida' com_grau indefinido)e('frequencia cardiaca irregular' com_grau indefinido)logo_tratamento cardioversao ?

yes

3 Conclusão

O conjunto de metodologias e faculdades de raciocínio desenvolvidas permitiu a implementação do sistema de representação de conhecimento inicialmente pretendido, que se crê descrever um sistema básico de apoio à decisão no contexto da sintomatologia clínica.

De entre as vantagens extrapoladas da utilização de um Sistema de Produção, destaca-se o facto de as regras serem de compreensão simples e directa, bem como de a inferência e as explicações serem facilmente derivadas. Não obstante, depreende-se que a representação de conhecimento complexo requiera uma grande quantidade de regras, o que poderá acarretar problemas ao nível da utilização e manutenção do sistema.

A escolha entre uma abordagem **Forward Chaining** e **Backward Chaining** depende fortemente das propriedades do conjunto de regras a utilizar e dos factos iniciais. Caso haja, inicialmente, um objectivo definido para testar uma dada hipótese, então o **Backward Chaining** revela-se mais eficiente, na medida em que se evita retirar conclusões de factos irrelevantes. Porém, em determinadas situações, este processo pode acabar por ser relativamente exaustivo, dado que existem várias formas possíveis de provar determinada premissa e poderá ser necessário tentar iterativamente cada uma delas até que se encontre uma que realmente funcione. Por outro lado, o **Forward Chaining** apresenta-se mais adequado em situações que requerem uma grande quantidade de provas e envolvem um conjunto reduzido de factos iniciais aliado a um grande conjunto de regras que permitem retirar a mesma conclusão.

No caso específico do problema proposto, a associação de um grau de confiança assume uma relevância inegável, contando que o conhecimento envolvido no sistema pressupõe a extrapolação de sintomas clínicos com base em observações empíricas, que sujeitam logicamente o diagnóstico a um dado nível de ambiguidade, que acresce à natural ambiguidade inerente à sintomatologia.

A realização desta terceira e última parte permitiu consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo das aulas teórico-práticas, proporcionando ainda uma introdução aos conceitos basilares da problemática dos sistemas de apoio à decisão.

Referências

- [1] Z. Anwar. Forward and backward chaining. Lecture Notes. srg.cs.uiuc.edu/~anwar/ai/lecture12.ppt.
- [2] L. Botelho. *Incerteza: Regras com Factor de Confiança*. Instituto Superior de Ciências do Trabalho — Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação, 2012.