

Anexo C

Manual do Usuário do HTRP

“Você sabe alguma coisa sobre o que está falando quando consegue mensurar e expressar em números; mas quando você não consegue mensurá-lo, quando você não consegue expressá-lo em números, seu conhecimento é de um tipo insatisfatório e deficiente: pode ser o começo do conhecimento, mas dificilmente, em seus pensamentos, você avançou ao estágio da ciência”

Lord Kelvin (1824-1907): *Popular Lectures and Addresses* vol. 1 (1889) ‘Electrical Units of Measurement’

C.1 Introdução

O sistema HTRP (Rosa e Françoze, 1999) é composto de duas versões: uma versão *sem* conhecimento inicial (RIW – *random initial weight version*) e uma versão *com* conhecimento inicial (BIW – *biased initial weight version*). Quando o sistema HTRP é executado, um *menu* principal aparece contendo os seguintes comandos:

```
*** HTRP - Sistema Híbrido Simbólico-Conexionista ***
para o Processamento de Papéis Temáticos
de Sentenças da Língua Portuguesa
MENU PRINCIPAL:
R - RIW - Versão SEM conhecimento inicial
B - BIW - Versão COM conhecimento inicial
L - Mostra Léxico do Processador HTRP
M - Mostra Microcaracterísticas
F - FIM
OPÇÃO:
```

Ao se digitar a opção “R”, o seguinte *menu* aparecerá:

```
RIW - Versão SEM conhecimento inicial
MENU da RIW:
1 - Treinamento dos papéis temáticos
2 - Fornece a grade temática de uma sentença
3 - Extrai regras finais da rede
4 - Saída da RIW
OPÇÃO:
```

Para este *menu*, ao se digitar “1” ocorre o treinamento dos papéis temáticos, com três mil ciclos de ativação, partindo de uma situação inicial *sem* conhecimento, ou seja, pesos aleatórios para as conexões. Para o comando “2”, há o reconhecimento da grade temática de uma sentença, ou seja, para uma sentença semanticamente bem formada, o sistema fornece em um único ciclo, a sua grade temática, uma vez que esta tenha sido aprendida. Para o comando “3” o sistema extrai as regras finais da rede, ou seja, o que a rede conseguiu “deduzir” a partir da sua arquitetura e dos exemplos vistos.

Voltando ao *menu* principal, ao se digitar a opção “B”, o seguinte *menu* aparecerá:

BIW - Versão COM conhecimento inicial
 MENU da BIW:
 0 - Extrai regras iniciais da rede
 1 - Treinamento dos papéis temáticos
 2 - Fornece a grade temática de uma sentença
 3 - Extrai regras finais da rede
 4 - Saída da RIW
 OPÇÃO:

Para este *menu*, ao se digitar “0”, o sistema fará a extração das regras iniciais, antes do aprendizado, ou seja, apenas as regras inseridas como conhecimento inicial serão extraídas. No comando “1” ocorre o treinamento dos papéis temáticos, com três mil ciclos de ativação (ou épocas), partindo de uma situação inicial *com* conhecimento, ou seja, regras simbólicas na forma de pesos de conexão da rede. Para o comando “2”, há o reconhecimento da grade temática de uma sentença, ou seja, para uma sentença semanticamente bem formada, o sistema fornece em um único ciclo, a sua grade temática, uma vez que esta tenha sido aprendida. Para o comando “3” o sistema extrai as regras finais da rede, ou seja, o que a rede conseguiu “revisar” a partir das regras iniciais, da sua arquitetura e dos exemplos vistos.

Voltando ao menu principal, ao se digitar “L”, o sistema mostrará o léxico disponível no HTRP, ou seja, os substantivos e os verbos presentes no sistema.

LÉXICO
 SUBSTANTIVOS:
 BATATA BOLA BONECA CACHORRO CEM COLHER
 CORTINA DEZ ESCRIVANINHA FRANGO GALINHA GARFO
 HOMEM LOBO MACACO MACACO-AN MACACO-ME MACARRÃO
 MANGA MANGA-FR MANGA-RO MARTELO MENINA MENINO
 MIL MULHER PEDRA PRATO VASO VIDRAÇA
 Tecle <ENTER> para ver os verbos...
 VERBOS:
 AMAR ASSUSTAR BATER COMPRAR
 DAR ENTREGAR QUEBRAR TEMER
 Tecle <ENTER> para voltar ao menu principal...

E ao se digitar “M”, serão mostradas as microcaracterísticas de uma palavra ou de todo o léxico. Para os substantivos, as microcaracterísticas são as mostradas na tabela C.1 (o valor “?” representa o valor *indeterminado* (0.5)):

<i>substantivo \ microcaracterística</i>	<i>humano</i>	<i>softness</i>	<i>volume</i>	<i>forma</i>	<i>ponta</i>	<i>dureza</i>	<i>tipo de objeto</i>
<i>batata</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	compacto	arredondado	frágil	alimento
<i>bola</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	3-D	arredondado	inquebrável	brinquedo
<i>boneca</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	3-D	arredondado	frágil	brinquedo
<i>cachorro</i>	não	<i>soft</i>	médio	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>cem</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	compacto	pontudo	inquebrável	valor
<i>colher</i>	não	<i>hard</i>	pequeno	compacto	pontudo	frágil	utensílio
<i>cortina</i>	não	<i>soft</i>	médio	2-D	arredondado	frágil	mobília
<i>dez</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	compacto	pontudo	inquebrável	valor
<i>escrivania</i>	não	<i>hard</i>	grande	3-D	pontudo	frágil	mobília
<i>frango</i>	não	<i>soft</i>	médio	3-D	arredondado	inquebrável	alimento
<i>galinha</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>garfo</i>	não	<i>hard</i>	pequeno	compacto	pontudo	frágil	utensílio
<i>homem</i>	sim	<i>soft</i>	grande	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>lobo</i>	não	<i>soft</i>	médio	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>macaco</i>	não	?	pequeno	3-D	?	?	?
<i>macaco-an</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>macaco-me</i>	não	<i>hard</i>	pequeno	3-D	pontudo	frágil	utensílio
<i>macarrão</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	compacto	pontudo	frágil	alimento
<i>manga</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	?	arredondado	inquebrável	?
<i>manga-fr</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	3-D	arredondado	inquebrável	alimento
<i>manga-ro</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	compacto	arredondado	inquebrável	utensílio
<i>martelo</i>	não	<i>hard</i>	pequeno	compacto	pontudo	frágil	utensílio
<i>menina</i>	sim	<i>soft</i>	médio	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>menino</i>	sim	<i>soft</i>	médio	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>mil</i>	não	<i>soft</i>	pequeno	compacto	pontudo	inquebrável	valor
<i>mulher</i>	sim	<i>soft</i>	grande	3-D	arredondado	inquebrável	animado
<i>pedra</i>	não	<i>hard</i>	pequeno	3-D	pontudo	inquebrável	utensílio
<i>prato</i>	não	<i>hard</i>	pequeno	2-D	arredondado	frágil	utensílio
<i>vaso</i>	não	<i>hard</i>	pequeno	2-D	arredondado	frágil	utensílio
<i>vidraça</i>	não	<i>hard</i>	médio	2-D	pontudo	frágil	utensílio

Tabela C.1. Microcaracterísticas dos substantivos no HTRP.

Para os verbos, as microcaracterísticas são as mostradas na tabela C.2 (o valor “?” representa ambigüidade (valor 0.5)):

<i>verbo \ micro-característica</i>	<i>controle</i>	<i>desencadeamento</i>	<i>direção</i>	<i>afetação</i>	<i>mudança de estado</i>	<i>estado psicológico</i>	<i>objetivo</i>	<i>resultante</i>	<i>intensidade da ação</i>	<i>interesse</i>
<i>amar</i>	?	indireto	fonte	não	não	sim	não	não	baixa	não
<i>amar1</i>	não	indireto	fonte	não	não	sim	não	não	baixa	não
<i>amar2</i>	sim	indireto	fonte	não	não	sim	não	não	baixa	não
<i>assustar</i>	?	?	meta	sim	não	sim	?	não	baixa	?
<i>assustar1</i>	não	indireto	meta	sim	não	sim	não	não	baixa	não
<i>assustar2</i>	sim	direto	meta	sim	não	sim	sim	não	baixa	sim
<i>bater</i>	?	?	meta	sim	não	não	?	sim	alta	?
<i>bater1</i>	não	indireto	meta	sim	não	não	não	sim	alta	não
<i>bater2</i>	sim	direto	meta	sim	não	não	sim	sim	alta	sim
<i>comprar</i>	sim	direto	fonte	sim	não	não	sim	sim	baixa	sim
<i>comprar1</i>	sim	direto	fonte	sim	não	não	sim	sim	baixa	sim
<i>comprar2</i>	sim	direto	fonte	sim	não	não	sim	sim	baixa	sim
<i>dar</i>	sim	direto	meta	sim	não	sim	sim	sim	baixa	sim
<i>entregar</i>	sim	direto	meta	sim	não	não	sim	sim	baixa	sim
<i>quebrar</i>	?	?	meta	sim	sim	não	?	sim	alta	?
<i>quebrar1</i>	não	indireto	meta	sim	sim	não	não	sim	alta	não
<i>quebrar2</i>	sim	direto	meta	sim	sim	não	sim	sim	alta	sim
<i>temer</i>	não	indireto	fonte	sim	não	sim	não	não	baixa	não

Tabela C.2. Microcaracterísticas dos verbos no HTRP.

C.2 A Versão RIW

A idéia por trás da versão *sem* conhecimento inicial é mostrar que o sistema mesmo partindo de valores iniciais aleatórios, consegue chegar a um “conhecimento” a cerca dos papéis temáticos, deduzindo a partir dos exemplos de sentenças vistos e da arquitetura da rede conexcionista.

O sistema HTRP utiliza, nas duas versões, um gerador de sentenças de treinamento. Este gerador monta sentenças a partir de *frames* de sentenças disponíveis. Estas sentenças são na sua maioria, semanticamente bem formadas, mas há sentenças sem significado também, para ativar a saída *erro*. Chegou-se, empiricamente, a sete sentenças de treinamento para cada verbo sendo que duas destas ativam a saída *erro*. O sistema utiliza treze verbos (oito verbos diferentes e cinco leituras alternativas), a saber, *amar*, *assustar*, *bater*, *comprar*, *dar*, *entregar*, *quebrar* e *temer*. Destes, *amar*, *assustar*, *bater*, *comprar* e *quebrar* têm duas leituras, ou

seja, ativam duas grades temáticas diferentes, dependendo da sentença em que ocorrem. Por exemplo, em *o menino comprou a escrivaninha da mulher* ativa a grade temática [AGENTE, TEMA, FONTE]. Já a sentença *o menino comprou a escrivaninha por cem reais* ativa a grade [AGENTE, TEMA, VALOR].

Os próximos quadros mostram os *frames* de sentenças para cada verbo, utilizados no HTRP:

Verbo *amar1*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano ama o objeto	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
2	o humano ama o alimento	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
3	o humano ama o utensílio	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
4	o objeto ama a coisa	<i>erro</i>
5	o humano ama	[EXPERIENCIADOR]
6	o humano ama a mobília	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
7	o objeto ama a coisa	<i>erro</i>

Verbo *amar2*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano ama o humano	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
2	o humano ama o animal	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
3	o humano ama o humano	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
4	o objeto ama a coisa	<i>erro</i>
5	o humano ama o animal	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
6	o humano ama o humano	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
7	o objeto ama a coisa	<i>erro</i>

Verbo *assustar1*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o objeto assusta o humano	[CAUSA, TEMA]
2	o predador assusta a presa	[CAUSA, TEMA]
3	a coisa assusta o animal	[CAUSA, TEMA]
4	o valor assusta o objeto	<i>erro</i>
5	o animal assusta o humano	[CAUSA, TEMA]
6	o objeto assusta o humano	[CAUSA, TEMA]
7	o valor assusta o objeto	<i>erro</i>

Verbo *assustar*2:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano assusta o humano	[AGENTE, TEMA]
2	o humano assusta o animal	[AGENTE, TEMA]
3	o humano assusta o humano	[AGENTE, TEMA]
4	o valor assusta o valor	<i>erro</i>
5	o humano assusta o humano	[AGENTE, TEMA]
6	o humano assusta o animal	[AGENTE, TEMA]
7	o valor assusta o valor	<i>erro</i>

Verbo *bater*1:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o objeto bateu na coisa	[CAUSA, PACIENTE]
2	o animal bateu na coisa	[CAUSA, PACIENTE]
3	o predador bateu na coisa	[CAUSA, PACIENTE]
4	o valor bateu no humano com o humano	<i>erro</i>
5	a presa bateu na coisa	[CAUSA, PACIENTE]
6	a coisa bateu na mobília	[CAUSA, PACIENTE]
7	o valor bateu no humano com o humano	<i>erro</i>

Verbo *bater*2:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano bateu na coisa com o batedor	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
2	bateu no animal com o batedor	[PACIENTE, INSTRUMENTO]
3	o humano bateu no objeto_frágil com o batedor	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
4	o valor bateu no humano com o humano	<i>erro</i>
5	o humano bateu no objeto com o utensílio	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
6	bateu na mobília com o batedor	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
7	o valor bateu no humano com o humano	<i>erro</i>

Verbo *comprar1*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano comprou o objeto do humano	[AGENTE, TEMA, FONTE]
2	o humano comprou do humano	[AGENTE, FONTE]
3	comprou a coisa do humano	[TEMA, FONTE]
4	o objeto comprou o humano do predador	<i>erro</i>
5	o humano comprou do humano	[AGENTE, FONTE]
6	comprou a mobília da humano	[TEMA, FONTE]
7	a coisa comprou o humano da mobília	<i>erro</i>

Verbo *comprar2*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	comprou por valor	[VALOR]
2	o humano comprou a coisa por valor	[AGENTE, TEMA, VALOR]
3	comprou a coisa por valor	[TEMA, VALOR]
4	o objeto comprou o humano por animal	<i>erro</i>
5	o humano comprou por valor	[AGENTE, VALOR]
6	o humano comprou a mobília por valor	[AGENTE, TEMA, VALOR]
7	a coisa comprou o humano por mobília	<i>erro</i>

Verbo *dar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano deu o objeto para o humano	[AGENTE, TEMA, BENEFICIÁRIO]
2	deu o objeto para o animal	[TEMA, BENEFICIÁRIO]
3	o humano deu a coisa para o humano	[AGENTE, TEMA, BENEFICIÁRIO]
4	o objeto deu o humano para a mobília	<i>erro</i>
5	o humano deu para o animal	[AGENTE, BENEFICIÁRIO]
6	deu para o humano	[BENEFICIÁRIO]
7	a coisa deu o humano para o utensílio	<i>erro</i>

Verbo *entregar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano entregou o objeto para o humano	[AGENTE, TEMA, META]
2	entregou o animal para o humano	[TEMA, META]
3	o humano entregou para o humano	[AGENTE, META]
4	a coisa entregou o humano para a mobília	<i>erro</i>
5	o humano entregou a coisa para o humano	[AGENTE, TEMA, META]
6	entregou para o humano	[META]
7	o objeto entregou o humano para a coisa	<i>erro</i>

Verbo *quebrar1*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o objeto quebrou o objeto_frágil	[CAUSA, PACIENTE]
2	o quebrador quebrou o objeto_frágil	[CAUSA, PACIENTE]
3	o objeto quebrou o objeto_frágil	[CAUSA, PACIENTE]
4	o valor quebrou o humano com a presa	<i>erro</i>
5	o objeto quebrou o objeto_frágil	[CAUSA, PACIENTE]
6	o quebrador quebrou o objeto_frágil	[CAUSA, PACIENTE]
7	o valor quebrou o humano com o predador	<i>erro</i>

Verbo *quebrar2*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano quebrou o objeto_frágil com o quebrador	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
2	o animal quebrou o objeto_frágil	[AGENTE, PACIENTE]
3	o humano quebrou o objeto_frágil com o quebrador	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
4	o valor quebrou o humano com a presa	<i>erro</i>
5	o animal quebrou o objeto_frágil	[AGENTE, PACIENTE]
6	o humano quebrou o objeto_frágil com o quebrador	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
7	o valor quebrou o humano com o predador	<i>erro</i>

Verbo *temer*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano teme o humano	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
2	o humano teme o animal	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
3	o animal teme o humano	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
4	o objeto teme o valor	<i>erro</i>
5	o animal teme o predador	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
6	o animal teme o animal	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
7	o utensílio teme o valor	<i>erro</i>

As categorias presentes nos *frames* são substituídas pelo gerador pelas seguintes palavras para cada categoria:

<i>categoria</i>	<i>palavra 1</i>	<i>palavra 2</i>	<i>palavra 3</i>	<i>palavra 4</i>
<i>humano</i>	homem	menina	menino	mulher
<i>animal</i>	galinha	cachorro	lobo	macaco-an
<i>objeto</i>	bola	macaco-me	boneca	prato
<i>coisa</i>	boneca	galinha	manga-ro	vaso
<i>predador</i>	lobo	cachorro	lobo	cachorro
<i>presa</i>	galinha	macaco-an	galinha	macaco-an
<i>alimento</i>	macarrão	manga-fr	batata	frango
<i>utensílio</i>	garfo	colher	garfo	colher
<i>objeto_frágil</i>	vidraça	vaso	prato	vidraça
<i>batedor</i>	macaco-me	martelo	pedra	martelo
<i>quebrador</i>	bola	martelo	vaso	pedra
<i>valor</i>	dez	cem	mil	dez
<i>mobília</i>	cortina	escrivaninha	cortina	escrivaninha

No comando “1”, a versão RIW inicia as tabelas do gerador de sentenças (preenche os *frames*). Depois, inicia os pesos aleatoriamente. Então, o sistema está pronto para a fase de treinamento. O algoritmo usado é o *backpropagation*, onde pares de entrada-saída são fornecidos pelo gerador de sentenças. Foram testados uma grande variedade de número de ciclos de ativação e chegou-se a 3.000. Tanto as regras extraídas quanto a grade temática ativada estavam suficientemente satisfatórias.

O comando “2” corresponde ao reconhecimento. Aqui, entra-se com uma sentença e o sistema fornecerá a sua grade temática, se esta sentença for semanticamente válida, ou *erro*, se for semanticamente inválida. O reconhecimento é feito em apenas um ciclo do algoritmo *backpropagation*.

Existem duas possibilidades de execução do comando “2”. Ou se entra com a sentença, ou se permite que o gerador de sentenças de reconhecimento gere as sentenças para o reconhecimento. Este gerador também trabalha com *frames*, da mesma forma que o gerador de sentenças para o treinamento. No reconhecimento não há leituras alternativas para alguns verbos como há no treinamento. O sistema deve reconhecer qual leitura é apropriada. A seguir, os *frames* de sentenças para o gerador de reconhecimento, para cada verbo do HTRP:

Verbo *amar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano ama o objeto	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
2	o humano ama o humano	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
3	o utensílio ama o valor	<i>erro</i>

Verbo *assustar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	a coisa assusta o humano	[CAUSA, TEMA]
2	o humano assusta o humano	[AGENTE, TEMA]
3	o valor assusta o valor	<i>erro</i>

Verbo *bater*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	a coisa bateu na coisa	[CAUSA, PACIENTE]
2	o humano bateu na coisa com o batedor	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
3	o valor bateu no humano com o humano	<i>erro</i>

Verbo *comprar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano comprou o objeto do humano	[AGENTE, TEMA, FONTE]
2	o humano comprou a coisa por valor	[AGENTE, TEMA, VALOR]
3	o objeto comprou o humano do predador	<i>erro</i>

Verbo *dar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano deu o objeto para o humano	[AGENTE, TEMA, BENEFICIÁRIO]
2	deu o objeto para o animal	[TEMA, BENEFICIÁRIO]
3	o objeto deu o humano para a mobília	<i>erro</i>

Verbo *entregar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano entregou o objeto para o humano	[AGENTE, TEMA, META]
2	entregou o animal para o humano	[TEMA, META]
3	a coisa entregou o humano para a mobília	<i>erro</i>

Verbo *quebrar*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o objeto quebrou o objeto_frágil	[CAUSA, PACIENTE]
2	o humano quebrou o objeto_frágil com o quebrador	[AGENTE, PACIENTE, INSTRUMENTO]
3	o valor quebrou o humano com a presa	<i>erro</i>

Verbo *temer*:

	<i>frame</i>	<i>grade temática</i>
1	o humano teme o humano	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
2	o animal teme o predador	[EXPERIENCIADOR, TEMA]
3	o objeto teme o valor	<i>erro</i>

No comando “3” há a extração de regras simbólicas finais a partir da arquitetura conexionista. A extração é análoga à introdução, ou seja, cria-se implicações da lógica com antecedentes ponderados, a partir das conexões entre unidade e de seus pesos. Por exemplo, se uma unidade representando o conceito A estiver conectada a unidade conceito C, com um peso de conexão de -1.2 e outra unidade para o conceito B estiver conectada a mesma unidade C com o peso de conexão -0.8, então tem-se a seguinte regra simbólica: $((-1.2 A) + (-0.8 B)) \rightarrow C$. Na verdade, as unidades A e B devem pertencer à camada de entrada e a unidade C (unidade *and*) deve pertencer à camada escondida.

C.3 A Versão BIW

Para a versão BIW – *com* conhecimento inicial – exceto o comando 0, todos os outros comandos são equivalentes à versão RIW. O comando “0” permite a extração de regras da rede antes do aprendizado. Ou seja, na verdade as regras extraídas são as mesmas regras iniciais:

PAPEL- θ \ microcaracterísticas	controle	desenca-deamento	direção	afetação	mudança de estado	estado, psicológico	objetivo	resultante	intensidade da ação	interesse no processo
AGENTE	sim	direto		sim			sim			sim
PACIENTE				sim				sim	alta	
EXPERIENCIADOR			fonte		não		não	não	baixa	não
TEMA					não				baixa	
FONTE		direto	fonte		não			sim		sim
META	sim		meta		não			sim		sim
BENEFICIÁRIO	sim	direto			não	sim		sim		
CAUSA	não	indireto	meta				não			não
INSTRUMENTO	sim	direto		sim		não	sim	sim	alta	sim
VALOR	sim	direto			não			sim		sim

Todos os outros comandos são equivalentes aos comandos da versão RIW, onde apenas um *flag* sinaliza que o sistema, neste caso, é *com* conhecimento inicial.

C.4 Desenvolvimento do HTRP

A representação das microcaracterísticas dos verbos no sistema HTRP – Processador de Papel Temático Híbrido – é baseada principalmente em Franchi e Cançado (1998). A entrada da rede é a concatenação dos vetores de microcaracterísticas do verbo (predicado) e de todos os seus argumentos. A saída da rede é a grade temática, ou seja, devem ser ativados na saída as unidades de todos os papéis temáticos atribuídos pelo predicado a seus argumentos na sentença de entrada. Implementou-se o procedimento de extração de regras MofN de Towell e Shavlik (1993) – ver anexo A. As regras simbólicas introduzidas na rede como conhecimento inicial na BIW são equivalentes a uma unidade *and*, ou seja, somente a presença de *todas* as entradas garante a ativação da unidade (Garcez *et al.*, 1997). Para a versão BIW, foram atribuídos conceitos às unidades (de entrada e de saída) para possibilitar a implementação do “conhecimento inicial” da rede, ou seja, as regras dos papéis temáticos, e para poder extrair as regras depois do treinamento. A arquitetura proposta contém duas unidades ‘escondidas’ para cada papel temático: uma para o verbo e outra para um substantivo; e apenas uma unidade de saída. Incluiu-se também a saída *erro* na arquitetura conexionista utilizada. Tra-

balha-se com sete exemplos para cada verbo. Destes sete, dois são negativos – semanticamente inválidos (com saída *erro*) (Lawrence *et al.*, 1999).

Abaixo, comenta-se passos do desenvolvimento em versões anteriores do sistema, e com isso procura-se mostrar algumas questões interessantes.

C.4.1 A Arquitetura Conexionista

Em versões anteriores do sistema, arquiteturas diferentes foram testadas. Considerou-se, em princípio, uma arquitetura com todos os elementos totalmente conectados, ou seja, cada papel temático era ativado por todas as entradas, e não apenas pelas do verbo e de um substantivo, como é a versão final. Mas este tipo de arquitetura mostrou-se instável (o sistema não conseguia aprender a atribuição de papel temático). Outras arquiteturas foram tentadas: *sem* a saída *erro*, duas camadas escondidas, etc., mas todas elas acabaram sendo substituídas pela arquitetura atual, que se mostrou mais eficiente.

C.4.2 A “Clusterização” e a “Anulação”

O procedimento para extração de regras simbólicas a partir da arquitetura connexionista MofN de Towell e Shavlik (1993) é constituído, entre outras coisas, do passo da *clusterização* (agrupamento de unidades similares) e da *anulação* (dos pesos de conexão pequenos).

O objetivo da *clusterização* é agrupar unidades processadoras similares, ou seja, um neurônio correspondente à média de um grupo de neurônios com saídas próximas faz o papel de todos esses neurônios. Desta forma, diminui-se o número de unidades processadoras, sem alterar o processamento.

O objetivo da *anulação* é eliminar os pesos de conexão abaixo de um determinado valor, por considerar-se que os mesmos não terão peso significativo no cômputo geral na ativação da unidade processadora. Assim, com peso zero, as conexões deixarão de existir, o que na prática significa a eliminação destas unidades. Outra vez, diminui-se o número de unida-

des processadoras sem afetar o processamento. Com menos unidades, fica mais simples ajustar o algoritmo conexionista.

Verificou-se através de vários testes, que sem a clusterização e a anulação, as regras finais são exatamente as mesmas iniciais. Sem a clusterização e *com* a anulação também. Aparentemente, a clusterização está destruindo conhecimento.

C.4.3 A Otimização

Inspirado em Fu (1991a, 1991b e 1993), foi criado um procedimento de “otimização”. Este procedimento realiza a propagação através da rede neural pelo algoritmo *backpropagation* (Rumelhart *et al.*, 1986a), mas no momento da correção dos erros, são corrigidos apenas os limiares de ativação, mantendo fixos os outros pesos. O objetivo deste procedimento é garantir uma maior eficiência no aprendizado: o sistema seria capaz de aprender mais rapidamente, caso este procedimento fosse adotado. Mas ele provou não surtir efeito para esta aplicação.

C.4.4 A Rede Recorrente

Implementou-se também a versão do HTRP com a rede recorrente de Jordan (Jordan, 1986; Elman, 1990; Lawrence *et al.*, 1999) com a criação de mais uma camada “escondida”, chamada de camada de estado – ver anexo A. Foram implementadas duas versões: a) na primeira, copiou-se a camada escondida na camada de estado; b) na segunda, copiou-se a camada de saída na camada de estado. Mas, depois de alguns testes, verificou-se que isto não funcionava adequadamente. Há na verdade a necessidade de um período de treinamento muito maior (muito mais ciclos de treinamento), pois a rede recorrente é muito mais difícil de treinar.

C.4.5 Os Clusters de Unidades na Saída

Há, no sistema HTRP, a inclusão do conceito de *clusters* de unidades na saída, ou seja, dentro de cada *cluster* só um é ativado (*aprendizado competitivo*: Grossberg, 1987). Tem-se os seguintes *clusters*:

- I) AGENTE, CAUSA, EXPERIENCIADOR;
- II) PACIENTE, TEMA;
- III) FONTE, META, BENEFICIÁRIO, INSTRUMENTO, VALOR.

Esses *clusters* foram escolhidos para corresponderem às posições argumentais das sentenças adotadas no sistema HTRP. Para este sistema, os elementos de cada *cluster* são mutuamente exclusivos, o que não significa necessariamente que o sejam sempre (e de fato, não o são). A idéia é que, dentro de cada *cluster*, haja um aprendizado competitivo, ou seja, somente uma saída dentro do *cluster* é ativada e as demais saídas se inibem (Grossberg, 1987). Será que isto deve ocorrer durante todo o aprendizado ou só no reconhecimento? Empiricamente, mostrou-se que o aprendizado é mais efetivo quando não há competição entre os elementos de um *cluster* durante o aprendizado. No reconhecimento não se alteram os pesos de conexão da rede no algoritmo *backpropagation*. Então deve-se, na fase de reconhecimento, ativar apenas uma unidade dentro de cada *cluster*, aquela que tiver a saída com valor maior. Isto implica que, no sistema HTRP, jamais haverá mais de uma saída ativa para a mesma posição argumental (por exemplo, nunca haverá AGENTE e CAUSA para uma mesma sentença).

C.4.6 O Gerador de Frases para o Reconhecimento

Implementou-se um gerador automático de sentenças para o reconhecimento. Sempre as mesmas frases, mas diferentes das do treinamento. Desta forma, pode-se testar qualquer versão do programa com o mesmo conjunto de sentenças (semanticamente válidas e inválidas) e pode-se portanto, fazer uma comparação mais apropriada. O gerador automático pode gerar até 24 sentenças de entrada diferentes para efeito de comparação entre os modelos.

C.4.7 As Regras Simbólicas

No sistema HTRP, as regras introduzidas e extraídas têm os antecedentes da implicação lógica ponderados. Isto é, na regra

$$(w_1 A + w_2 B) \rightarrow C$$

os antecedentes A e B têm os pesos w_1 e w_2 associados, respectivamente. Esses pesos, que correspondem aos pesos de conexão da rede entre os elementos processadores rotulados A e C (w_1) e entre B e C (w_2), são números reais, diferentemente da implicação da lógica clássica, cujos antecedentes estão ou não presentes (sendo portanto, valores binários). Logo, todas as entradas têm participação, com o seu peso de conexão ponderando-a.

C.4.8 As Leituras Alternativas dos Verbos

A abordagem adotada é não-lexicalista, de acordo com Franchi e Cançado (1998). McClelland e Kawamoto (1986) utilizavam um enfoque compatível com esta idéia, já que palavras com ambigüidade lexical (por exemplo, *bat*) eram usadas, sendo que o sistema resolvia este tipo de ambigüidade, a partir das outras palavras que compunham a sentença. No HTRP, quando o verbo admitir duas leituras, cria-se uma leitura para a entrada, que é a “média” das duas leituras quando as essas discordarem (ou seja, reconhece-se a ambigüidade). O verbo, por exemplo *quebrar*, não é ambíguo durante todo o processo, apenas o é no reconhecimento, sendo que durante todo o treinamento, ora é *quebrar1* ora *quebrar2* (duas leituras possíveis para *quebrar*). Assim, parece muito mais coerente, já que na entrada não se sabe se *quebrar* é *quebrar1* ou *quebrar2* (fato semelhante já ocorre com os substantivos ambíguos). A preocupação é quando se tem muitos valores “indefinidos” (iguais a 0.5). Neste caso, fica muito mais difícil de o sistema fazer a distinção. Este problema é menor no sistema de McClelland e Kawamoto (1986) que tem uma entrada mais complexa, onde há uma maior “interação” entre o verbo e cada elemento constituinte. Mas, o sistema HTRP, apesar da sua representação linear mais simplificada, responde bem a essa representação ambígua.

C.5 Conclusão

O sistema HTRP, com suas duas versões, atende satisfatoriamente às necessidades de um sistema híbrido simbólico-conexionista para tratamento de papéis temáticos. O sistema tem como entrada a sentença na língua portuguesa, e como saída, a sua grade temática, caso a sentença seja semanticamente bem formada, ou a saída *erro*, caso contrário. Além disso, é possível incluir conhecimento inicial no sistema (na sua versão BIW), através de regras simbólicas transpostas na arquitetura connexionista na forma de pesos de conexão. E, depois do treinamento, é possível extrair o conhecimento simbólico da rede, revisando a teoria simbólica inicial (no caso da BIW), ou “deduzindo” a partir do treinamento e da arquitetura usada (no caso da RIW).

Versões enriquecidas para o sistema HTRP, que incluam modificações tais como léxico mais numeroso com a introdução de novos vetores de microcaracterísticas semânticas, uma arquitetura connexionista que abranja toda a sentença, para julgamentos de aceitabilidade composicional, são projetos para o futuro.