

**Alg 1: split-and-merge**

(Horovitz e Pavlidis,1976). Um dos métodos usados para analisar uma imagem é a de determinar quais são as regiões que a compoem. Em certo sentido, esta operação faz a mesma coisa que a operação de encontrar as bordas de uma imagem. Entretanto, devido ao ruído e a ambigüidade pode ser bem interessante usar ambos os métodos para analisar a mesma imagem e com isso diminuir a incerteza nela presente. A relevância desta busca está no raciocínio de que regiões delimitam áreas de interesse dentro da imagem que se analisa.

Define-se uma região dentro de uma imagem como uma porção dela onde não há grande variação de intensidade (ou alguma outra propriedade, como por exemplo a textura). Afirma-se que dentro da região, a propriedade considerada não pode variar abruptamente.

Formalmente falando, uma região dentro de uma imagem é um conjunto de pixels conectados satisfazendo duas propriedades:

1. A região é homogênea. A homogeneidade pode ser definida como a exigência de que a diferença de intensidade dos valores de pixel dentro da região seja inferior a um valor dado,  $\epsilon$ .
2. Unindo-se duas regiões adjacentes o resultado não satisfará o princípio da homogeneidade acima descrito.

O algoritmo que vai ser estudado aqui (Split-and-Merge devido a Horovitz e Pavlidis em 1976), começa com uma única região candidata: a imagem inteira. Para efeito de ilustração, suponhamos que a imagem seja um quadrado consistindo de  $2^l$  linhas  $\times 2^l$  colunas.

Provavelmente a região candidata não vai satisfazer o critério de região, porque o conjunto de pixels não vai obedecer ao princípio da homogeneidade.

**Fase SPLIT:** Agora, para todas as regiões que não satisfazem a propriedade da homogeneidade, a região é quebrada em 4 partes, através da divisão vertical e horizontal ao meio da região candidata.

O processo prossegue até que nenhuma divisão adicional precise ser feita.

**Fase MERGE:** Depois, regiões candidatas que sejam adjacentes são juntadas, desde que seus pixels satisfaçam ao princípio da homogeneidade. As junções podem ser feitas em diferentes ordens, resultando diferentes regiões finais. Pode-se ir juntando antes de chegar ao último corte, mas por simplicidade, pode-se fazer a junção somente após acabar todos os cortes.

**Um exemplo:** Seja uma imagem em baixa resolução de  $8 \times 8$  pixels, em 10 níveis de cinza conforme segue

```
1 1 1 1 1 1 1 2
1 1 1 1 1 1 1 0
3 1 4 9 9 8 1 0
1 1 8 8 8 4 1 0
1 1 6 6 6 3 1 0
1 1 5 6 6 3 1 0
1 1 5 6 6 2 1 0
1 1 1 1 1 1 0 0
```

Aplicando o algoritmo de SPLIT a esta imagem com  $\epsilon = 0$ , com  $\epsilon \leq 1$  e com  $\epsilon \leq 2$  fica, respectivamente:

```
*****
+1 1+1 1+1 1+1+2+ +1 1+1 1+1 1+1+2+ +1 1+1 1+1 1+1 2+
+ + + + + + + + + + + + + + + + + +
+1 1+1 1+1 1+1+0+ +1 1+1 1+1 1+1+0+ +1 1+1 1+1 1+1 0+
*****
+3+1+4+9+9+8+1+0+ +3+1+4+9+9+8+1+0+ +3 1+4+9+9+8+1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+1+1+8+8+8+4+1+0+ +1+1+8+8+8+4+1+0+ +1 1+5+8+8+4+1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+1 1+6+6+6+3+1+0+ +1 1+6 6+6+3+1 0+ +1 1+6 6+6+3+1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+1 1+5+6+6+3+1+0+ +1 1+5 6+6+3+1 0+ +1 1+5 6+6+3+1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+1 1+5+6+6+2+1+0+ +1 1+5+6+6+2+1+0+ +1 1+5+6+6+2+1+0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+ 1 1+1+1+1+1+0+0+ + 1 1+1+1+1+1+0 0+ + 1 1+1+1+1+1+0 0+
*****
e=0 e<=1 e<=2
```

A posterior recomposição das bordas, através do algoritmo de MERGE, fica sendo:

```
*****
+1 1 1 1 1 1 1 2+ +1 1 1 1 1 1 1 2+ +1 1 1 1 1 1 1 2+
+ + + + + + + + + + + + + + + + + +
+1 1 1 1 1 1 1 0+ +1 1 1 1 1 1 1 0+ +1 1 1 1 1 1 1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+3+1+4+9 9 8+1+0+ +3+1+4+9 9 8+1+0+ +3+1+4+9 9 8+1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+1 1+8 8 8+4+1+0+ +1 1+8 8 8+4+1+0+ +1 1+8 8 8+4+1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+1 1+6 6 6+3+1+0+ +1 1+6 6 6+3+1+0+ +1 1+6 6 6+3+1 0+
+ + + + + + + + + + + + + + + + + +
+1 1+5+6 6+3+1+0+ +1 1+5 6 6+3+1+0+ +1 1+5 6 6+3+1 0+
+ + + + + + + + + + + + + + + + + +
+1 1+5+6 6+2+1+0+ +1 1+5 6 6+2 1+0+ +1 1+5 6 6+2 1 0+
+*****+ + +*****+ + +*****+
+1 1 1 1 1 1 0 0+ +1 1 1 1 1 1 0 0+ +1 1 1 1 1 1 0 0+
*****
e=0 e<=1 e<=2
```

**Outro Exemplo** Seja uma imagem  $8 \times 8$  contendo 10 níveis de cinza (entre 0 e 9). Aplique o algoritmo de split-and-merge (Horovitz e Pavlidis, 1976) com  $\epsilon = 0$  e ache o comprimento (em cruzes) das divisória central horizontal e da divisória central vertical.

Por exemplo, na imagem,

```
*****
+1 1 1 1+2+3 3+1+
+ + + + + + + + +
+1+2+1 1+2+1+2+1+
+*****+
+2+1 1+2+3+2+4+1+
+*****+
+1+3+1 1 1+2+1 1+
+ + + + + + + + +
+1 1 1 1+3+1 1+2+
+*****+
+1 1+2 2+1+2+1+3+
+ + + + + + + + +
+1 1 1+2+1 1+2+5+
+*****+
+1 1 1 1+3+1 1+5+
*****
```

os valores procurados são 12 e 16. Isso significa que a linha central tem 12 cruzes e a coluna central 16.

**Para você fazer**

Seja a seguinte imagem:

```
2 1 1 3 1 1 1 1
3 1 1 1 1 1 1 2
2 1 1 1 1 1 3 2
2 2 2 1 3 5 1 2
4 1 1 1 2 2 1 2
3 1 2 2 3 1 1 1
2 2 2 1 1 1 2 1
5 1 1 3 1 1 1 1
```

Aplique o algoritmo de split-e-merge com  $\epsilon = 0$  e ache a quantidade de cruzes na linhas e colunas centrais.



**Alg 2: Bloquinhos de Waltz**

Usaremos aqui imagens de um mundo particular sujeito às seguintes restrições:

- \* Haverá apenas poliedros em cena (faces planas e arestas retilíneas)
- \* A iluminação não provocará sombra
- \* Os poliedros não contém fendas
- \* Em qualquer ponto nunca se interceptam mais do que 3 superfícies.

Este tipo de cena recebe o nome de *poliedros com vértices triédricos* e no que nos importa, gera imagens compostas apenas de linhas retas.

Na imagem formada, os planos podem se interceptar apenas e somente apenas de 3 maneiras: Um tipo especial de aresta que conecta planos que na realidade não tem conexão física, chamada aresta de oclusão (Winston a chama de linha de contorno). Neste tipo de aresta, apenas um dos planos é totalmente visível, o outro está escondido.

Deve-se marcar este tipo de aresta na imagem usando uma flecha (->) e o sentido da flecha é tal que o plano ocultado está à esquerda da flecha. Winston diz que o objeto contornado deve ficar à direita da flecha, o que vem a ser a mesma coisa.

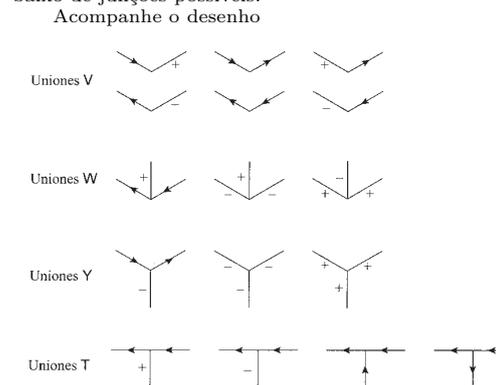
Para as arestas que conectam dois planos com ambos visíveis, existem dois casos: as arestas convexas (identificadas com um sinal de +) ou côncavas, estas identificadas por um sinal de -. Procure lembrar que uma caixa de fósforos sobre a mesa terá arestas convexas enquanto a aresta que

conecta a parede e o piso da sala onde estamos é uma arestas côncava.

A questão chave aqui é que o mundo físico dos poliedros impõe certas restrições para que a imagem exista na realidade. Levando estas restrições adiante, em quase todos os casos será possível rotular corretamente todas as arestas da imagem, e consequentemente será possível inferir características físicas da cena representada na imagem.

Os casos excepcionais ficam por conta dos poucos casos em que a ambigüidade presente impedir a correta análise da imagem. Neste caso, novas imagens (com variações sobre o ponto de tomada da imagem) ou mais informações adicionais da cena serão necessárias. Hoffman (Hof00) descreve com bastante profundidade e amplitude a eliminação da ambigüidade através de mudanças de ponto de vista e vale a pena ser consultado.

Antes de começar a marcar as arestas e a pagar seus efeitos, uma etapa necessária é rotular as junções de arestas segundo 4 categorias (Dewdney sugere 5), que recebem o nome de V, W, Y e T. Deve-se ressaltar que TODAS as junções possíveis estão aqui representadas. Impressiona o número baixo de junções possíveis.



Depois de ter marcado todas as junções, pode-se passar à segunda fase do algoritmo que busca identificar as arestas. Para identificar as arestas, podem-se usar as seguintes heurísticas:

- \* Ao examinar a imagem, suporemos que todos os objetos estão suspensos no espaço. Assim cada aresta do fundo do objeto (o contorno) tem apenas arestas flecha.
- \* Note que há apenas uma junção "W" que tem flechas em suas pontas. Assim, a outra aresta é um "+".
- \* Há apenas um "Y" que recebe "+" em uma aresta. Ocorrendo isso, todas as demais arestas são também "+".

Finalmente, as restrições vão sendo repassadas adiante, de modo que uma aresta originalmente rotulada em uma extremidade, deve obviamente apresentar o mesmo rótulo na outra extremidade. Afinal, são objetos físicos.

**Para você fazer**

Analise a figura abaixo, e identifique corretamente as arestas envolvidas.

