

СТРУКТУРНО-ЛИНГВИСТИЧЕН ПОДХОД ЗА АНАЛИЗ НА ТРИМЕРНО ВИЗУАЛНИ СЦЕНИ

Гочо Гочев

Резюме: В статията се разглеждат оригинален метод и алгоритъм за анализ и разлагане на тримерни (3D) визуални сцени. Методът се базира на топологията на върховете (топологични признаци) на тримерните тела. Най-голяма тежест се дава на признаците на граничните контури с фона. Това определя стратегията и приоритета на анализа на контурите. Най-напред се анализират контурните линии, които се явяват граници с фона, след това линии свързани с тях и т.н. Анализът се извършва на базата на фразо-структурно описание. Разглеждат се примери за разлагане на тримерни визуални сцени.

STRUCTURAL-LINGUISTIC APPROACH FOR ANALYSIS OF THREE DIMENSIONAL VISUAL SCENES

Gotcho Gotchev

Abstract: Innovative method and algorithm for analysis and decomposition of three dimensional (3D) visual scenes is considered in the paper. The method is based on the topology of the vertices (topological features) of the three dimensional bodies. The biggest weights are assigned to the features located on the border contours with the background. In this way the strategy and priority of tracing and analysing the contours are defined. First the contour lines that are borders with the background, are analysed, then the lines connected with them and so on. The analysis is implemented using the phrase-structural description. Examples for decomposition of 3D visual scene are also discussed.

1. Въведение

На базата на описанието получено съгласно фразо-структурния език, даден в [1,2], се анализира топологията на върховете на тримерните тела

Годишник на ТУ - София т. 52/2003 г.
Proceedings of the Technical University - Sofia, v. 52/2003

и връзката на контурните линии за стените на тялото. Тази информация се използва за разлагане на сцената до отделни тела. *Huffman, Clowes* и *Уолц* [3] започват анализа на 3D сцени от топологични признаци, граничещи с фона, след това разглеждат признаците свързани с тях и т.н. Изхождайки от тази стратегия в разглежданата работа, се предлага прост метод (евристична теория) за анализ и разлагане на сцени, съдържащи изпъкнали тела, ограничени от плоски и криволинейни стени. При анализа най-голяма тежест се дава на граничните контурни линии. Със следващ приоритет са линиите, разделящи две видими стени от едно тяло и т.н. За целта се прави локален анализ на топологичните признаци (ТП) и контурните линии (КЛ) с цел подходящо маркиране и прилагане на правила за обединяване на контурите от фразо-структурното описание на контурно свързана група от тела (КСГТ), в описание на тяло от тази КСГТ.

2. Същност на предлагания метод

Определение. *Всеки ТП се разглежда като множество припокриващи се крайни точки на КЛ и множество пресечни точки на КЛ.*

Определение. *Крайната точка (КТ) ограничава КЛ, която няма продължение от съответните ТП в същата посока.*

Определение. *Пресечната точка (ПТ) съществува когато два сегмента (КЛ) лежат на една права и завършват в съответен общ ТП.*

Определение. *ТП се маркира с двойката (w, r) , където w е брой на крайните точки в ТП, а r е брой на пресечните точки в ТП.*

На фиг. 1 са представени възможните конфигурации на ТП в зависимост от броя на крайните и пресечните точки. Приемаме, че от един ТП могат да излизат най-много 8 КЛ в различни посоки по хоризонталата, вертикалата и диагоналите. Следва, че всеки ТП може да съдържа най-много до 4 крайни или 4 пресечни точки или различни комбинации между тях. Очевидно, че комбинациите $(0,0)$, $(0,1)$ и $(1,0)$ не се наблюдават при реалните 3D сцени. При маркирането на ТП се анализират само локалните линии от ТП. Контурната линия може да има формата на "отсечка" или "дъга" - фиг. 2а, което означава, че анализът допуска 3D тела, ограничени от плоски и криволинейни стени. Конфигурациите са инвариантни по отношение на ротация и пермутация на посоките - фиг. 2б. Анализирайки

конфигурациите на топологичните признаци на фиг. 1 могат да се направят някои изводи. *ПТ* с конфигурация (2,0) съответствува на *L* признак съгласно класификацията на Гузман[1]. Той се среща върху фоновия контур на дадено тяло. Конфигурацията (3,0) съответствува на признаците тип *СТРЕЛКА* и *ВИЛА*. Тези конфигурации характеризират сцените, съдържащи отделни тримерни тела. Конфигурацията (1,1) съответствува на признак тип *T* и определя конкретно закриване на едно тяло от друго. Изброените конфигурации съставляват основния дял от общия брой възли в сцените. Допускайки съвпадение на ръбове и/или върхове на различни тела се появяват и други конфигурации от фиг. 1. На всеки топологичен признак P_i ($i \in 1, 2, \dots, t$; t - брой на признаците) се присвоява атрибут за тип (*TYPEP*), съобразно броя на крайните и пресечните точки, участващи в него. По-голяма информационна значимост се дава на признаците, съдържащи крайни точки. Най-висока стойност за атрибута *TYPEP* се дава на признаци, съдържащи само две *КТ*, показващи гранични линии за обекта. Тези признаци се определят да бъдат от тип *A*:

$$TYPEP(P_i) = a, \quad a > 0$$

Топологични признаци, които съдържат три или четири *КТ* се определят да бъдат от тип *B*, със стойност $b < a$:

$$TYPEP(P_i) = b, \quad b = a / 2$$

Топологични признаци, които съдържат една *КТ* и една *ПТ* се определят да бъдат от тип *C* със стойност $c < b$:

$$TYPEP(P_i) = c, \quad c = b / 2$$

Всички останали топологични признаци с конфигурации на *КТ* и *ПТ*, различни от горните се определят да бъдат от тип *D*, със стойност $d < c$:

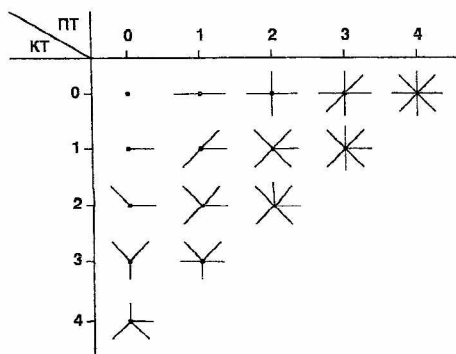
$$TYPEP(P_i) = d, \quad d = c / 2$$

На фиг. 3 е дадена принадлежността на отделните конфигурации за *ПТ* към дефинираните 4 класа *ПТ* в зависимост от броя на участващите крайни и пресечни точки (*КТ*, *ПТ*). Типът на даден признак приема една от посочените стойности:

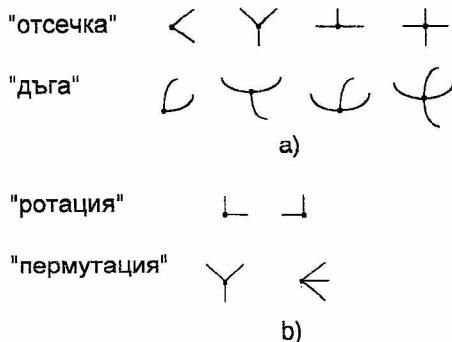
$$TYPEP(P_i) \in (a, b, c, d)$$

Ако се приеме $d=1$, то съгласно дадената по-горе схема $c=2$, $b=4$, $a=8$, следователно:

$$TYPEP(P_i) \in (8, 4, 2, 1)$$



Фиг. 1. Възможни конфигурации ТП според броя крайни и пресечни точки в него



Фиг. 2. Сегментите могат да имат формата на "отсечка" или "дъга" (а); инвариантност на конфигурациите (b)

За всеки сегмент (КЛ) L_j ($j=1, 2, \dots, q$, q -брой на сегментите) се определя стойност на атрибут за тип $TYPEL(L_j)$, характеризиращ неговата семантика:

$$TYPEL(L_j) = TYPEP(P_n) + TYPEP(P_e) ,$$

където P_n и P_e са съответно началния и крайния признак на сегмента. Тъй като $TYPEP(P_n), TYPEP(P_e) \in (8, 4, 2, 1)$, то $TYPEL(L_i) \in (16, 12, \dots, 2)$. Очевидно, атрибутът $TYPEL$ приема най-високи стойности за КЛ, граничещи с фона. Ръбовете, разделящи две видими повърхнини на едно тяло ще имат следващите по големина стойности и съответно по-нататък КЛ с типове "разделим" и в частност "пукнатина".

В зависимост от броя на крайните и пресечните точки за даден признак се изчислява атрибутът му $TYPEP$. Знаейки атрибутите за признаците, ограничаващи даден сегмент, съответно се изчислява атрибутът $TYPEL$ за сегмента. Тези атрибути се добавят съответно към атрибутните характеристики за топологичните признаци и линейните сегменти.

Определение. Ако за сегментите от КСГТ се изпълнява условието:

$$TYPEL(L_i) \in (16, 12, 8),$$

то КСГТ се състои от едно единствено тяло.

Определение. Ако за сегментите от КСГТ се изпълнява условието:

$$TYPEL(L_i) \in \{16, 12, 8, 10, 6\},$$

то КСГТ се състои от множество тела, някои от които се закриват, обуславящо се от T признак и пораждащо сложни фрази в описанието съгласно езика предложен в [2].


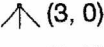
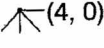

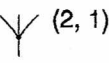
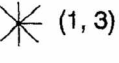
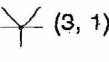
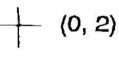
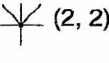
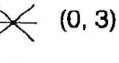
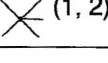
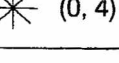
Определение. Ако за сегментите от КСГТ се изпълнява условието:

$$TYPEL(L_i) \in \{16, 12, 8, 10, 6, 9, 5, 4, 3, 2\},$$

то КСГТ се състои от множество тела със закриване и появата на разделими линии.

Алгоритъмът за анализ и разлагане на дадена тримерна сцена е следният:

- 1) Построява се фразо-структурното описание на сцената.
- 2) Определят се типовете за ТП, съгласно с фиг. 3.
- 3) Изчисляват се атрибутите за контурните линии.

| Тип ТП | A | B | C | D | |
|--------------------------|--|--|--|--|--|
| Конфигурации (КТ, ПТ) |  (2, 0) |  (3, 0)  (4, 0) |  (1, 1) |  (2, 1) |  (1, 3) |
| | | | |  (3, 1) |  (0, 2) |
| | | | |  (2, 2) |  (0, 3) |
| | | | |  (1, 2) |  (0, 4) |

Фиг. 3. Съответствие между типа на ТП и броя на крайните и пресечните точки в него

4) Контурните линии се групират в множества съгласно с изчислените стойности TYPEL. Тези множества се подреждат по намаляване на стойностите на TYPEL.

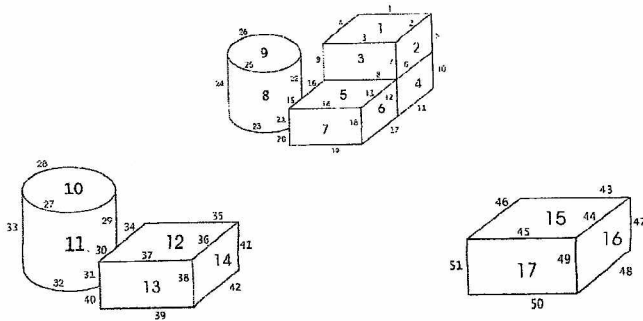
5) Избира се контурът от описанието на КСГТ, съдържащ първия ръб от множеството с най-висока стойност на TYPEL. Отделя се примерното тяло, на което принадлежи избрания контур.

6) Анализираният ръбове се изключват от съответните множества.

7) Ако всички множества на КЛ станат празни, то иди към 8, иначе иди към 5.

8) Край

Да разгледаме пример за анализ и разлагане на 3D визуална сцена. На фиг. 4 е дадена конкретна тримерна сцена. Строи се описание за сцената. Описанието съдържа три изречения, следователно три отделни котурно свързани групи от тела.



Фиг. 4. Пример за разлагане на 3D сцена

КСГТ1 има следните характеристики:

брой ръбове: $|L| = 26$,

брой контури: $|C| = 9$.

Сортировката на контурните линии по стойностите на TYPEL е:

$$I_1 = \{1, 4, 19, 24\} \rightarrow \text{TYPEL} = 12$$

$$I_2 = \{10, 11, 20, 23\} \rightarrow \text{TYPEL} = 10$$

$$I_3 = \{2, 3, 9, 14, 18, 25, 26\} \rightarrow \text{TYPEL} = 8$$

$$I_4 = \{5, 15, 16, 17, 21, 22\} \rightarrow \text{TYPEL} = 6$$

$$I_5 = \{7, 8, 13\} \rightarrow \text{TYPEL} = 5$$

$$I_6 = \{6, 12\} \rightarrow \text{TYPEL} = 3$$

$$\{\text{TYPEL}\} = \{12, 10, 8, 6, 5, 3\}$$

$$C = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$1) |I_i| > 0, |C| > 0$$

$$T_1 = \{1(1)\} \rightarrow \{1(1), 2(2)\} \rightarrow \{1(1), 2(2), 3(3)\}$$

$$2) \quad \begin{array}{cc} \downarrow & \downarrow \\ \text{контур} & \text{ръб} \end{array}$$

Остават за разглеждане:

$$I_1=\{19,24\}, I_2=\{10,11,20,23\}, I_3=\{14,18,25,26\},$$

$$I_4=\{15,16,17,21,22\}, I_5=\{13\}, I_6=\{12\}$$

$$C=\{4,5,6,7,8,9\}$$

$$2) |I_1| > 0, |C| > 0$$

$$T_2=\{7(19)\} \rightarrow \{7(19),5(14)\} \rightarrow \{7(19),5(14),6(18)\};$$

Остават за разглеждане:

$$I_1=\{24\}, I_2=\{10,11,23\}, I_3=\{25,26\}, I_4=\{22\},$$

$$I_5=\{\}, I_6=\{\}$$

$$C=\{4,8,9\}$$

$$3) |I_1| > 0, |C| > 0$$

$$T_3=\{8(24)\} \rightarrow \{8(24),9(25)\}$$

Остават за разглеждане:

$$I_1=\{\}, I_2=\{10,11\}, I_3=\{\}, I_4=\{\}, I_5=\{\}, I_6=\{\}$$

$$C=\{4\}$$

$$4) |I_2| > 0, |C| > 0$$

$$T_4=\{4(10)\}$$

Остават за разглеждане:

$$I_1=\{\}, I_2=\{\}, I_3=\{\}, I_4=\{\}, I_5=\{\}, I_6=\{\}$$

$$C=\{\}$$

Множествата за контурните линии и контурите са празни и КСГТ1 е разложена до следните тела:

$$T_1=\{1,2,3\}, T_2=\{7,5,6\}, T_3=\{8,9\}, T_4=\{4\}$$

За КСГТ2 характеристиките са следните:

$$\text{брой ръбове: } |L| = 16,$$

$$\text{брой контури: } |C| = 5.$$

Сортировката на контурните линии по стойностите на TYPEL е:

$$I_1=\{33,35,39,41,42\} \rightarrow \text{TYPEL}=12$$

$$I_2=\{32,34,40\} \rightarrow \text{TYPEL}=10$$

$$I_3=\{27,28,36,37,38\} \rightarrow \text{TYPEL}=8$$

$$I_4=\{29,30,31\} \rightarrow \text{TYPEL}=6$$

$$\{\text{TYPEL}\}=\{12,10,8,6\}$$

$$\mathbf{C}=\{10,11,12,13,14\}$$

$$1) |I_1|>0, |\mathbf{C}|>0$$

$$\mathbf{T}_5=\{11(33)\} \rightarrow \{11(33),10(27)\};$$

Остават за разглеждане:

$$I_1=\{35,39,41,42\}, I_2=\{34,40\},$$

$$I_3=\{36,37,38\}, I_4=\{\},$$

$$\mathbf{C}=\{12,13,14\}$$

$$2) |I_1|>0, |\mathbf{C}|>0$$

$$\mathbf{T}_6=\{12(35)\} \rightarrow \{12(35),14(36)\} \rightarrow \{12(35),14(36),13(37)\};$$

Остават за разглеждане:

$$I_1=\{\}, I_2=\{\}, I_3=\{\}, I_4=\{\}$$

$$\mathbf{C}=\{\}$$

Множествата за контурните линии и контурите са празни и *КСГТ2* е разложена до следните тела:

$$\mathbf{T}_5=\{11,10\}, \mathbf{T}_6=\{12,14,13\}$$

За *КСГТ3* характеристиките са следните:

$$\text{брой ръбове: } |\mathbf{L}|=9,$$

$$\text{брой контури: } |\mathbf{C}|=3.$$

Сортировката на контурните линии по стойностите на *TYPEL* е:

$$I_1=\{43,46,47,48,50,51\} \rightarrow \text{TYPEL}=12$$

$$I_2=\{44,45,49\} \rightarrow \text{TYPEL}=8$$

$$\{\text{TYPEL}\}=\{12,8\}$$

$$\mathbf{C}=\{15,16,17\}$$

$$1) |I_1|>0, |\mathbf{C}|>0$$

$$\mathbf{T}_7=\{15(43)\} \rightarrow \{15(43),16(44)\} \rightarrow \{15(43),16(44),17(45)\};$$

Остават за разглеждане:

$$I_1=\{\}, I_2=\{\}, I_3=\{\}, I_4=\{\},$$

$$C=\{\}$$

Множествата за контурните линии и контурите са празни. КСГТЗ съдържа само едно тяло:

$$T_7=\{15,16,17\}$$

Сцената е разложена до отделни тела. Отделените тела се разпознават при достатъчно информация за тях.

3. Заключение

За разгледания метод могат да се направят следните изводи: 1) Анализират се сцени, съдържащи изпъкнали тела с плоски и/или криволинейни стени; 2) По-голяма тежест се дава на възлите, които често се срещат в реалния свят; 3) Тежестта на контурните линии се свързва с тяхната семантика; 4) Най-напред се прави анализ на ръбовете, граничещи с фона; 5) Разгледаният метод може да се приеме като опит за семантично разбиране на тримерни сцени.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гочев, Г. *Компютърно зрение и невронни мрежи*. ТУ, София, 1998.
- [2]. Gotchev, G. *Computer Linguistic Analysis of Line Drawings*. Pattern Recognition, vol. 17, No. 4, 1984, 433+440.
- [3]. Уинстон, П. *Искусственный интелект*. М., Мир, 1980.

Автор: Гочо Гочев, доц. д-р, кат. "Програмиране и компютърни технологии".

Постъпила на 10.09.2003г. Рецензент доц. д-р Азоп Хачикян