

Соколов Сергей Викторович

E-mail: s.v.s.888@yandex.ru.

Д.т.н.; профессор.

Ковалев Сергей Михайлович

E-mail: ksm@rfniias.ru.

Д.т.н.; профессор.

Alles Mikhail Aleksandrovich

Rostov State Transport University.

E-mail: alles@nextmail.ru.

2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia Sq, Rostov-on-Don, 344038, Russia.

Phone: +78632726302.

Postgraduate Student.

Sokolov Sergey Viktorovich

E-mail: s.v.s.888@yandex.ru.

Dr. of Eng. Sc.; Professor.

Kovalev Sergey Mikhailovich

E-mail: ksm@rfniias.ru.

Dr. of Eng. Sc.; Professor.

УДК 681.3.06: 681.323 (519.6)

М.Ю. Гуревич

РАСПОЗНАВАНИЕ МУЛЬТИКОНТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОРТИРОВКИ

Приводится поставка задачи распознавания мультиконтурных изображений, описана схема распознавания изображений на основе сортировки. Метод обладает параллелизмом в силу максимальной параллельности сортировки.

Распознавание конструируется как идентификация с помощью сортировки экстремальных элементов числовой последовательности, сопоставленной просматриваемым изображениям или их фрагментам.

Контур; распознавание информации; графические изображения.

M.Yu. Gurevich

RECOGNITION OF MULTICONTOURS IMAGES ON THE BASIS OF SORTING

The article gives a delivery problem recognition multicontour imagerions, the scheme of image recognition based on sorting.

The method possesses parallelism by virtue of the maximal parallelism of sorting. Recognition is designed as identification by means of sorting extreme elements of the numerical sequence compared looked through images or their fragments.

Contour; detection of information; graphics.

Постановка задачи. Среди характерных задач распознавания изображений часто встречается необходимость распознать фигуры, состоящие из нескольких контуров, вложенных или пересекающих друг друга. В частности, сюда включается важная задача криминалистики – распознавание отпечатков пальцев.

Описание метода. Для распознавания изображений из данной предметной области предлагается использовать модифицированный способ вертикального сечения [1. С. 55].

При этом вертикальный и горизонтальный шаги считывания определяются в зависимости от размеров изображения, однако в отличие от исходного варианта шаги по вертикали и по горизонтали могут различаться, оставаясь пропорциональными максимальному размеру изображения по вертикали и по горизонтали.

Второе вносимое изменение заключается в том, что на каждом шаге фиксированного направления считывания, например по вертикали, отмечаются не только точки пересечения с контуром, но и с тем же фиксированным шагом отмечаются точки, не принадлежащие контуру. При этом пересекаемым точкам контура сопоставляются единичные значения, точкам, не принадлежащим контуру, – нулевые значения.

Данный подход обеспечивает инвариантность метода распознавания относительно таких стандартных преобразований графического изображения, как растяжение (сжатие) вдоль любого из направлений сканирования, равно как и относительно пропорционального растяжения (сжатия). Особенностью данного подхода является то, что входной массив состоит только из двоичных чисел 0, 1. В результате обработки изображения формируется одномерный массив двоичных чисел размерностью n^2 , где n – число точек сканирования по одному из направлений. Массив состоит из нулей (точек фона) и единиц (точек пересечения вертикалей сканирования с линиями изображения). Полученный массив обрабатывается алгоритмом распознавания. Программа сортирует входной массив, выделяет начала и концы цепочек одинаковых элементов. Вид таких цепочек, равно как и последовательность индексов, идентифицирующих цепочки, взаимно однозначно соответствует виду изображения, – с точностью до различий внутри равномерной прямоугольной сетки, формируемой рассматриваемой разновидностью вертикального сечения. При необходимости существует возможность восстановить по номеру элемента одномерного массива координаты данной точки на изображении.

В конструируемой схеме распознавания изображений вложенных контуров непосредственно используется следующий программный фрагмент выделения двоичных цепочек в массиве двоичных чисел (Basic).

```
CLS: n = 1024
DIM a(n),a1(n), c(n),c1(n), e(n),e1(n),r0(n),r1(n),r00(n),r11(n)
input"Имя файла без расширения";nf$: nf1$=nf$+".int"
open nf1$ for input as #1
for x = 1 to n : input#1,a(x): next x
input#1,razmx,razmy: close#1
FOR l = 1 TO n: e(l) = 1: NEXT l
PRINT : PRINT: k = 0
FOR j = 1 TO n: FOR i = 1 TO j: IF a(j) - a(i) < 0 THEN 5
k=k+1
5 next i
for i =j+1 to n: IF a(i) - a(j) >= 0 THEN 55
k = k + 1
55 NEXT i
c(k) = a(j): e(k) = j: k = 0: NEXT j
FOR k = 1 TO n: FOR l = 1 TO k-1: IF abs(e(k-l)-e(k))=1 then 205
NEXT l: print c(k); " ";e(k) ;,if c(k)=0 then r=r+1: r0(r)=e(k)
```

```

205 next k : rr0=r: r=0: PRINT : PRINT
FOR k = n TO 1 STEP -1: FOR l = 1 TO N-k: IF ABS (e(k+l)-e(k)) = 1 THEN 206
NEXT l: print c(k);" ";e(k) ,;if c(k)=1 then r=r+1:r1(r)=e(k)
206 next k :rr1=r:r=0
FOR i = 1 TO n: a1(i)=a(n-i+1): NEXT i: FOR l = 1 TO n: e1(l) = n-l+1: NEXT l
PRINT : PRINT: for l=1 to n : PRINT a1(l) ;" " ; : next l : PRINT : PRINT
for l=1 to n : PRINT e1(l) ;" " ; : next l : PRINT : PRINT
k = 0
FOR j = 1 TO n: FOR i = 1 TO j: IF a1(j) - a1(i) < 0 THEN 15
k=k+1
15 next i
for i =j+1 to n: IF a1(i) - a1(j) >= 0 THEN 155
k = k + 1
155 NEXT i
c1(k) = a1(j): e1(k) = j: k = 0: NEXT j
FOR k = 1 TO n: FOR l = 1 TO k-1: IF abs (e1(k-l)-e1(k)) = 1 then 1205
NEXT l: print c1(k);" ";n-e1(k)+1 ,;if c1(k)=0 then r=r+1: r00(r)=(n-e1(k)+1)
1205 next k: rr00=r: r=0: PRINT : PRINT
FOR k = n TO 1 STEP -1: FOR l = 1 TO N-k: IF ABS (e1(k+l)-e1(k)) = 1 THEN 1206
NEXT l: print c1(k);" ";n-e1(k)+1 , ;if c1(k)=1 then r=r+1: r11(r)=n-e1(k)+1
1206 next k: rr11=r: r=0: PRINT : PRINT
for l=1 to n :if r0(l)<>0 then PRINT (" ;r0(l);r11(l);"); ;" " ; : next l: PRINT : PRINT
for l=1 to n :if r1(l)<>0 then PRINT (" ;r00(l);r1(l);"); ;" " ; : next l : PRINT : PRINT

```

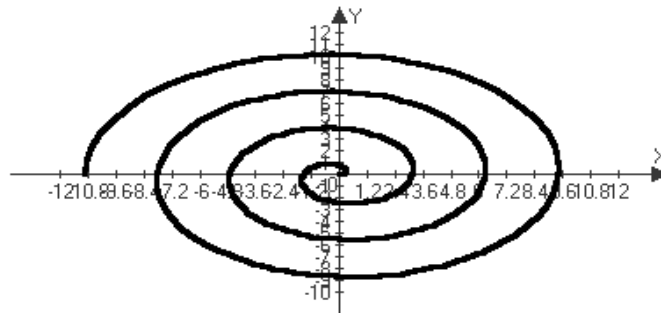
Пример 1.

Рис. 1. Архимедова спираль со стандартной ориентацией

В данном примере программа выдает следующие результаты:

```

0 104 0 1007 0 980 0 970 0 951 0 936 0 920 0 902
0 890 0 869 0 859 0 846 0 836 0 828 0 820 0 811
0 803 0 796 0 789 0 777 0 770 0 765 0 759 0 744
0 738 0 728 0 711 0 705 0 702 0 696 0 686 0 678
0 673 0 665 0 659 0 652 0 646 0 639 0 633 0 628
.....
0 416 0 414 0 408 0 395 0 389 0 384 0 381 0 375
0 364 0 358 0 352 0 348 0 341 0 333 0 326 0 316
0 306 0 303 0 295 0 289 0 283 0 263 0 250 0 233
0 226 0 216 0 202 0 195 0 182 0 172 0 163 0 143
0 132 0 101 0 71 0 41 0 11

```

Раздел IV. Методы искусственного интеллекта

Этот листинг означает начальные значения индексов нулевых цепочек при отсчете справа налево.

```

1 12    1 42    1 72    1 102   1 133   1 144   1 164   1 173
1 183   1 196   1 203   1 217   1 227   1 234   1 251   1 264
1 284   1 290   1 296   1 304   1 307   1 317   1 327   1 334
1 342   1 349   1 353   1 359   1 365   1 376   1 382   1 385
1 390   1 396   1 409   1 415   1 417   1 422   1 427   1 441
.....
1 647   1 653   1 660   1 666   1 674   1 679   1 687   1 697
1 703   1 706   1 712   1 729   1 739   1 745   1 760   1 766
1 771   1 778   1 790   1 797   1 804   1 812   1 821   1 829
1 837   1 847   1 860   1 870   1 891   1 903   1 921   1 937
1 952   1 971   1 981   1 1008  0 1

```

Эта часть результатов содержит начальные значения индексов единичных цепочек при отсчете слева направо. Последняя пара значений специфична для схемы нахождения экстремумов, понимаемых в смысле условия локализации и ее не следует принимать во внимание.

```

(1 12) (13 42) (43 72) (73 102) (104 133) (134 144) (150 164) (165 173)
(174 183)(185 196) (197 203) (204 217) (219 227) (228 234) (235 251) (252 264)
(266 284) (285 290) (291 296) (297 304) (306 307) (309 317) (318 327) (328 334)
(335 342) (344 349) (351 353) (354 359) (360 365) (366 376) (377 382) (383 385)
(386 390) (391 396) (397 409) (410 415) (416 417) (418 422) (423 427) (428 441)
.....
.(642 647) (648 653) (654 660) (661 666) (667 674) (675 679) (680 687) (691 697)
(698 703) (704 706) (707 712) (713 729) (730 739) (740 745) (746 760) (761 766)
(767 771) (772 778) (780 790) (792 797) (798 804) (805 812) (813 821) (822 829)
(830 837) (838 847) (851 860) (861 870) (871 891) (892 903) (905 921) (923 937)
(938 952) (953 971) (973 981) (983 1008) (1010 0)

```

В результатах выше, в каждой паре скобок, содержатся индексы единичных цепочек. Аналогично, ниже распечатаны индексные границы нулевых цепочек.

```

(1024 1009) (1007 982) (980 972) (970 952) (951 937) (936 922) (920 904)
(902 891) (890 870) (869 860) (859 850) (846 837) (836 829) (828 821) (820 812)
(811 804) (803 797) (796 791) (789 779) (777 771) (770 766) (765 760) (759 745)
(744 739) (738 729) (728 712) (711 706) (705 703) (702 697) (696 690) (686 679)
(678 674) (673 666) (665 660) (659 653) (652 647) (646 641) (639 634) (633 629)
.....
.(421 417) (416 415) (414 409) (408 396) (395 390) (389 385) (384 382) (381 376)
(375 365) (364 359) (358 353) (352 350) (348 343) (341 334) (333 327) (326 317)
(316 308) (306 305) (303 296) (295 290) (289 284) (283 265) (263 251) (250 234)
(233 227) (226 218) (216 203) (202 196) (195 184) (182 173) (172 164) (163 149)
(143 133) (132 103) (101 72) (71 42) (41 12)

```

Пример 2

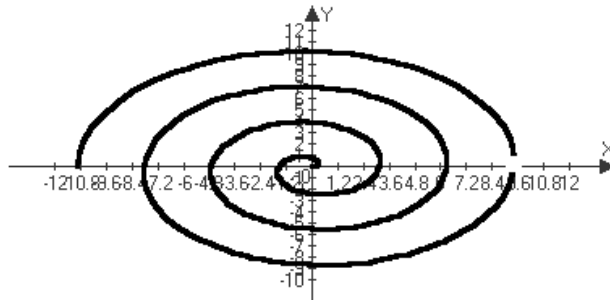


Рис. 2. Спираль Архимеда с вырезанным фрагментом

0	1024	0	980	0	970	0	951	0	936	0	920	0	902	0	890		
0	869	0	859	0	846	0	836	0	828	0	820	0	811	0	803		
0	796	0	789	0	777	0	770	0	765	0	759	0	744	0	738		
0	728	0	711	0	705	0	702	0	696	0	686	0	678	0	673		
0	665	0	659	0	652	0	646	0	639	0	633	0	628	0	619		
.....																	
0	414	0	408	0	395	0	389	0	384	0	381	0	375	0	364		
0	358	0	352	0	348	0	341	0	333	0	326	0	316	0	306		
0	303	0	295	0	289	0	283	0	263	0	250	0	233	0	226		
0	216	0	202	0	195	0	182	0	172	0	163	0	143	0	132		
0	101	0	71	0	41	0	11										
.....																	
1	12	1	42	1	72	1	102	1	133	1	144	1	164	1	173		
1	183	1	196	1	203	1	217	1	227	1	234	1	251	1	264		
1	284	1	290	1	296	1	304	1	307	1	317	1	327	1	334		
1	342	1	349	1	353	1	359	1	365	1	376	1	382	1	385		
1	390	1	396	1	409	1	415	1	417	1	422	1	427	1	441		
.....																	
1	647	1	653	1	660	1	666	1	674	1	679	1	687	1	697		
1	703	1	706	1	712	1	729	1	739	1	745	1	760	1	766		
1	771	1	778	1	790	1	797	1	804	1	812	1	821	1	829		
1	837	1	847	1	860	1	870	1	891	1	903	1	921	1	937		
1	952	1	971	1	981	0	1										
.....																	
(1	12)	(13	42)	(43	72)	(73	102)	(104	133)	(134	144)	(150	164)	(165	173)	(174	183)
(185	196)	(197	203)	(204	217)	(219	227)	(228	234)	(235	251)	(252	264)	(266	284)		
(285	290)	(291	296)	(297	304)	(306	307)	(309	317)	(318	327)	(328	334)	(335	342)		
(344	349)	(351	353)	(354	359)	(360	365)	(366	376)	(377	382)	(383	385)	(386	390)		
(391	396)	(397	409)	(410	415)	(416	417)	(418	422)	(423	427)	(428	441)	(442	447)		
.....																	
(648	653)	(654	660)	(661	666)	(667	674)	(675	679)	(680	687)	(691	697)	(698	703)		
(704	706)	(707	712)	(713	729)	(730	739)	(740	745)	(746	760)	(761	766)	(767	771)		
(772	778)	(780	790)	(792	797)	(798	804)	(805	812)	(813	821)	(822	829)	(830	837)		
(838	847)	(851	860)	(861	870)	(871	891)	(892	903)	(905	921)	(923	937)	(938	952)		
(953	971)	(973	981)	(983	0)												

(1024 982) (980 972) (970 952) (951 937) (936 922) (920 904) (902 891) (890 870)
 (869 860) (859 850) (846 837) (836 829) (828 821) (820 812) (811 804) (803 797)
 (796 791) (789 779) (777 771) (770 766) (765 760) (759 745) (744 739) (738 729)
 (728 712) (711 706) (705 703) (702 697) (696 690) (686 679) (678 674) (673 666)

 (458 454) (453 449) (448 447) (446 441) (440 427) (426 422) (421 417) (416 415)
 (414 409) (408 396) (395 390) (389 385) (384 382) (381 376) (375 365) (364 359)
 (358 353) (352 350) (348 343) (341 334) (333 327) (326 317) (316 308) (306 305)
 (303 296) (295 290) (289 284) (283 265) (263 251) (250 234) (233 227) (226 218)
 (216 203) (202 196) (195 184) (182 173) (172 164) (163 149) (143 133) (132 103)
 (101 72) (71 42) (41 12)

Две первых строки из соответствующих распечаток (нулевые цепочки):
 (1024 1009) (1007 982) (980 972) (970 952) (951 937) (936 922) (920 904)
 (1024 982) (980 972) (970 952) (951 937) (936 922) (920 904) (902 891)

Подчеркнутая пара чисел в первой строке и ее отсутствие во второй означает удлинение нулевой цепочки (цвет фона) при вырезании указанного на рис. 2 фрагмента, что соответствует действительности.

Из сопоставления выходных данных обоих примеров наглядно выявляется сходство признаков двух рассматриваемых изображений и их различия, соответственные единственному выколотому фрагменту (на оси ОХ).

Пример, показывающий существенность различий при изменении ориентации того же изображения, можно увидеть в работе [1. С. 129].

Заключение. В заключение можно отметить, что предложенный вариант схемы обладает высокой чувствительностью к изменениям изображения и по длинам цепочек выражает геометрические закономерности изображения. Наиболее существенное продвижение по сравнению с предшествующими вариантами схем распознавания заключается в возможности распознавания вложенных изображений произвольной конструкции. При этом сохраняются все ранее предложенные возможности распознавания отдельных контуров по подстановкам и по их экстремальным особенностям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гуревич М.Ю.* Алгоритмические схемы распознавания изображений двумерных объектов на основе адресных сортировок. Дис. ... канд. техн. наук. – Таганрог: ТГПИ, 2001.
2. *Ромм Я.Е., Гуревич М.Ю., Белоконова С.С., Соловьева И.А.* Вычисление нулей и полюсов функций на основе устойчивой адресной сортировки с приложением к поиску и распознаванию // Проблемы программирования. Специальный выпуск. Материалы IV Международной научно-практической конференции по программированию УкрПРОГ'2004. 1-3 июня 2004. Украина, Киев.– Киев. – 2004. – № 2-3. – С. 462-472.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Гуревич Михаил Юрьевич

Таганрогский государственный педагогический институт.
 E-mail: gurevich.michael@mail.ru.
 347936, г. Таганрог, ул. Инициативная, 48.
 Тел.: +79185233357.
 Кафедра информатики; доцент.

Gurevich Mikhail Yurievich

Taganrog State Pedagogical Institute.
 E-mail: gurevich.michael@mail.ru.
 48, Inicativnaya Street, Taganrog, 347936, Russia.
 Phone: +79185233357.
 The Department of Information Science; Associate Professor.