

Классификация сенсорных образов с помощью тактильной информации, полученной от механорецептора

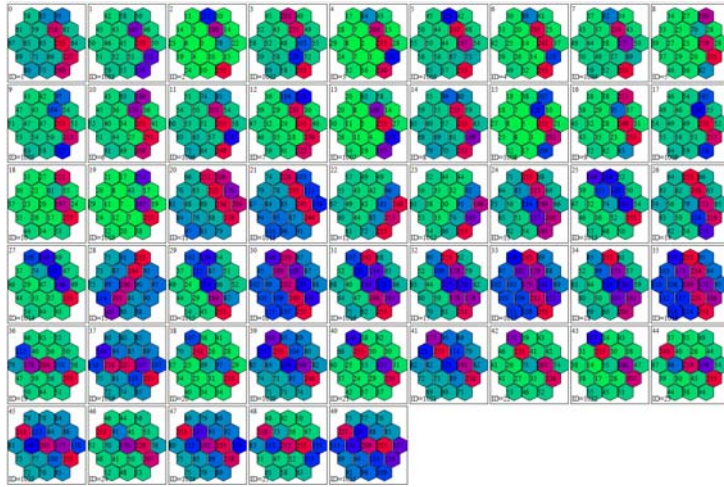
Описание экспериментов

Как было указано ранее в работе рассматривались шаблоны следующего вида (везде далее они будут следовать в указанном порядке):

- 1) полусфера выпуклостью вверх диаметром 11мм;
- 2) плоский круг диаметром 11мм;
- 3) силиконовый параллелепипед без неоднородности;
- 4) полусфера выпуклостью вверх диаметром 6мм;
- 5) плоский круг диаметром 6мм;
- 6) прямая палочка диаметром 2мм;

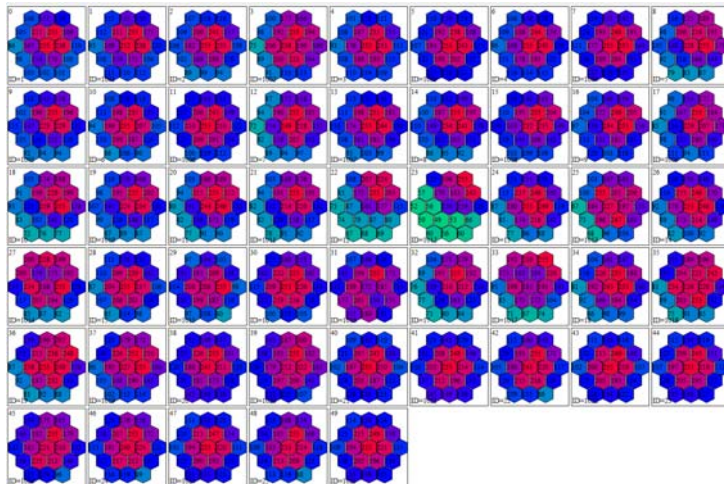
При создании статьи работа с нажатиями происходила в следующем виде: сначала были покадрово записаны все нажатия в соответствующие файлы, а только потом рассчитывались различные статистики по полученным данным.

Для каждого шаблона были созданы две библиотеки шаблона описанным выше способом: библиотека с использованием только строго перпендикулярных нажатий к поверхности шаблона (будем называть эту библиотеку *0-библиотекой*) и библиотека с использованием всех нажатий на шаблона (включая наклонные) (будем называть эту библиотеку *1-библиотекой*). Исходя из приведенных выше чисел получаем, что каждая 0-библиотека создавалась из 25 нажатий, кроме третьей 0-библиотеки, для которой было произведено 40 нажатий, а 1-библиотека из 125 нажатий, кроме третьей 1-библиотеки, для которой было произведено 200 нажатий. Напомним, для каждого нажатия в библиотеку заносилось 2 наиболее “контрастных” кадра. Приведем далее рисунки с кадрами всех 0-библиотек, кроме 0-библиотеки силиконового параллелепипеда без жестких включений.



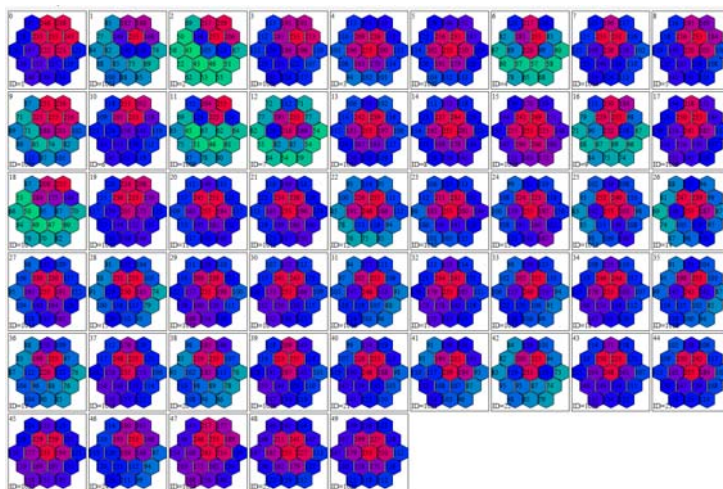
Библиотека шаблонов горизонтально ориентированный
участок медицинской перфузионной трубки

Далее показана библиотека шаблонов сферического сегмента с диаметром основания 8 миллиметров и высотой 2.4 миллиметра, ориентированного выпуклой стороной вниз.



Библиотека шаблонов сферического сегмента с
диаметром основания 8 миллиметров и высотой 2.4
миллиметра, ориентированного выпуклой стороной вниз

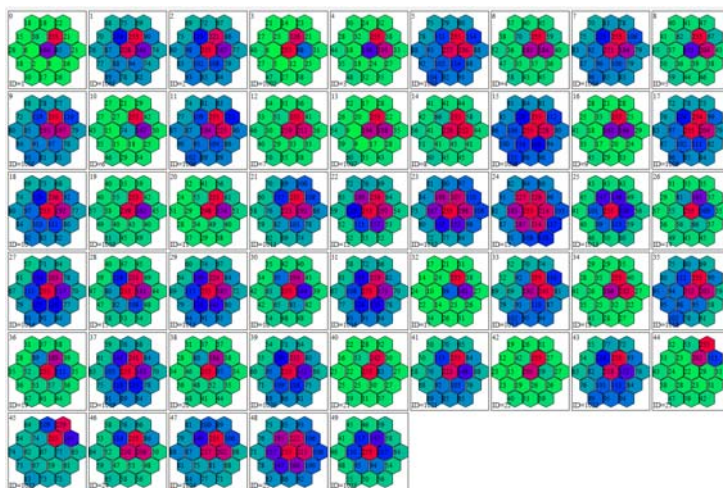
Далее показана библиотека шаблонов сферического сегмента с диаметром основания 4.7 миллиметров и высотой 1.7 миллиметра, ориентированного выпуклой стороной вниз.



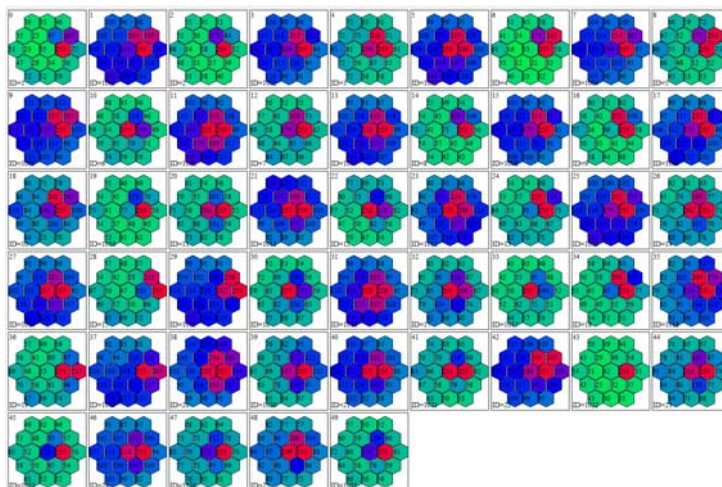
Библиотека шаблонов сферического сегмента с диаметром основания 4.7 миллиметров и высотой 1.7 миллиметра, ориентированного выпуклой стороной вниз

Очевидна хорошая визуальная различимость шаблонов, что явно отражается на значениях функции близости данных кадров.

Далее показаны библиотеки шаблонов сферических сегмента с диаметрами основания 8 и 4.7 миллиметров, ориентированного выпуклой стороной вверх.



Библиотека шаблонов сферического сегмента с диаметром основания 8 миллиметров и высотой 2.4 миллиметра, ориентированного выпуклой стороной вверх



Библиотека шаблонов сферического сегмента с диаметром основания 4.7 миллиметров и высотой 1.7 миллиметра, ориентированного выпуклой стороной вверх

По ссылке <http://sensor.stargeo.ru/ArtData/arr.html> можно найти все значения массивов кадров нажатий для каждого шаблона для всех вышеописанных углов. Этих данных достаточно, чтобы самостоятельно воспроизвести все расчеты, результаты которых приведены в статье.

0.1 Оценка качества распознавания на основе 0-библиотеки шаблонов

Вышеописанный подход позволил осуществлять кросс-валидацию при поиске идентифицирующих кадров в 0-библиотеке для нулевого угла наклона в следующем смысле: для каждого нажатия идентифицирующие кадры искались по всем 0-библиотекам сенсорных образов, кроме кадров, взятых из исследуемого нажатия. Отметим, что при поиске идентифицирующих кадров по всем кадрам всех библиотек мы прогнозируемо получаем стопроцентно-верную идентификацию нажатий во всех смыслах (проведенные тестовые расчеты подтверждают это).

Приведем примеры таблиц с количеством идентифицирующих кадров для каждого из шаблонов при нулевом угле наклона механорецептора к нормали к плоскости образцов и при угле равном 3.5 градуса.

К-во идент.кадров для 1-го шаблона Угол к нормали = 0							К-во идент.кадров для 2-го шаблона Угол к нормали = 0						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек						Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
12-34-31.txt	2	0	0	1	0	0	12-31-23.txt	0	2	0	0	0	0
12-34-47.txt	1	0	0	2	0	0	12-31-38.txt	0	3	0	0	0	0
12-35-02.txt	2	0	0	1	0	0	12-31-51.txt	0	2	0	0	0	0
12-35-16.txt	3	0	0	1	0	0	12-32-05.txt	0	2	0	0	0	0
12-35-30.txt	3	0	0	1	0	0	12-32-18.txt	0	2	0	0	0	0
12-35-43.txt	3	0	0	0	0	0	12-32-32.txt	0	3	0	0	0	0
12-35-57.txt	3	0	0	0	0	0	12-32-47.txt	0	3	0	0	0	0
12-36-12.txt	2	0	0	2	0	0	12-33-00.txt	0	3	0	0	0	0
12-36-27.txt	3	0	0	1	0	0	12-33-18.txt	0	2	0	0	0	0
12-36-40.txt	2	0	0	1	0	0	12-33-33.txt	0	3	0	0	0	0
16-08-04.txt	2	0	0	2	0	0	16-01-38.txt	0	2	0	0	0	0
16-08-18.txt	5	0	0	0	0	0	16-01-52.txt	0	0	0	0	0	0
16-08-31.txt	4	1	0	0	0	0	16-02-07.txt	0	2	0	0	0	0
16-08-48.txt	3	0	0	0	0	0	16-02-25.txt	0	2	0	0	0	0
16-09-03.txt	4	0	0	0	0	0	16-02-37.txt	0	2	0	0	0	0
16-09-20.txt	3	0	0	0	0	0	16-02-51.txt	0	1	0	0	0	0
16-09-34.txt	3	0	0	0	0	0	16-03-05.txt	0	1	0	0	0	0
16-09-50.txt	3	0	0	0	0	0	16-03-39.txt	0	3	0	0	0	0
16-10-08.txt	3	0	0	0	0	0	16-03-55.txt	0	2	0	0	0	0
16-10-22.txt	3	0	0	0	0	0	16-04-32.txt	0	2	0	0	1	0
16-10-36.txt	3	0	0	0	0	0	16-04-47.txt	0	4	0	0	0	0
16-10-49.txt	2	0	0	0	0	0	16-05-00.txt	0	5	0	0	0	0
16-11-16.txt	0	0	0	0	0	0	16-05-15.txt	0	4	0	0	0	0
16-11-31.txt	6	0	0	1	0	0	16-05-28.txt	0	4	0	0	0	0
16-11-45.txt	5	0	0	0	0	0	16-05-46.txt	0	5	0	0	0	0

К-во идент.кадров для 3-го шаблона Угол к нормали = 0						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
14-53-12.txt	0	0	6	0	0	0
14-54-16.txt	0	0	5	0	0	0
14-54-29.txt	0	0	5	0	0	0
14-54-45.txt	0	0	6	0	0	0
14-55-00.txt	0	0	7	0	0	0
14-55-15.txt	0	0	9	0	0	0
14-55-28.txt	0	0	7	0	0	0
14-55-48.txt	0	0	6	0	0	0
14-56-02.txt	0	0	9	0	0	0
14-56-35.txt	0	0	5	0	0	0
14-56-55.txt	0	0	9	0	0	0
14-57-09.txt	0	0	7	0	0	0
14-57-24.txt	0	0	7	0	0	0
14-57-37.txt	0	0	6	0	0	0
14-57-50.txt	0	0	7	0	0	0
14-58-27.txt	0	0	4	0	0	0
14-58-40.txt	0	0	6	0	0	0
14-58-57.txt	0	0	5	0	0	0
14-59-13.txt	0	0	7	0	0	0
14-59-27.txt	0	0	7	0	0	0
15-00-01.txt	0	0	8	0	0	0
15-00-16.txt	0	0	9	0	0	0
15-00-33.txt	0	0	8	0	0	0
15-00-47.txt	0	0	8	0	0	0
15-01-09.txt	0	0	7	0	0	0
15-04-19.txt	0	0	7	0	0	0
15-04-36.txt	0	0	5	0	0	0
15-04-51.txt	0	0	9	0	0	0
15-05-04.txt	0	0	7	0	0	0
15-05-19.txt	0	0	8	0	0	0
15-05-35.txt	0	0	7	0	0	0
15-05-47.txt	0	0	10	0	0	0
15-06-03.txt	0	0	9	0	0	0
15-06-21.txt	0	0	10	0	0	0
15-06-41.txt	0	0	8	0	0	0
15-06-55.txt	0	0	7	0	0	0
15-07-09.txt	0	0	6	0	0	0
15-07-28.txt	0	0	7	0	0	0
15-07-47.txt	0	0	6	0	0	0
15-08-02.txt	0	0	8	0	0	0

К-во идент.кадров для 4-го шаблона Угол к нормали = 0						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
12-40-41.txt	0	0	0	1	0	0
12-40-54.txt	0	0	0	3	0	0
12-41-07.txt	1	0	0	1	1	0
12-41-23.txt	0	0	0	2	0	0
12-41-38.txt	0	0	0	3	0	0
12-41-53.txt	0	0	0	3	0	0
12-42-06.txt	1	0	0	3	1	0
12-42-20.txt	0	0	0	3	0	0
12-42-33.txt	1	0	0	2	0	0
12-42-46.txt	1	0	0	1	0	0
16-19-52.txt	0	0	0	3	0	0
16-20-06.txt	1	0	0	2	0	0
16-20-19.txt	0	0	0	2	0	0
16-20-37.txt	1	0	0	3	1	0
16-20-51.txt	0	0	0	0	0	0
16-21-06.txt	1	0	0	3	0	0
16-21-19.txt	3	0	0	1	0	0
16-21-33.txt	0	0	0	4	0	0
16-21-48.txt	0	0	0	0	0	0
16-22-03.txt	1	0	0	3	1	0
16-22-16.txt	1	0	0	2	1	0
16-22-30.txt	0	0	0	1	3	0
16-23-19.txt	0	0	0	6	0	0
16-23-32.txt	6	0	0	2	0	0
16-24-07.txt	1	0	0	4	0	0

К-во идент.кадров для 5-го шаблона Угол к нормали = 0							К-во идент.кадров для 6-го шаблона Угол к нормали = 0						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек						Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
12-37-32.txt	0	0	0	0	4	0	12-44-12.txt	0	0	0	0	0	4
12-37-45.txt	0	0	0	0	3	0	12-44-26.txt	0	0	0	0	0	0
12-38-00.txt	0	3	0	0	0	0	12-44-42.txt	0	0	0	0	0	5
12-38-17.txt	0	0	0	0	3	0	12-44-57.txt	0	0	0	0	0	4
12-38-33.txt	0	0	0	0	3	0	12-45-12.txt	0	0	0	0	0	4
12-38-48.txt	0	0	0	0	0	0	12-45-27.txt	0	0	0	0	0	5
12-39-04.txt	1	0	0	0	3	0	12-45-41.txt	0	0	0	0	0	5
12-39-18.txt	0	1	0	0	1	0	12-45-54.txt	0	0	0	0	0	5
12-39-32.txt	0	0	0	0	2	0	12-46-09.txt	0	0	0	0	0	5
12-39-45.txt	0	0	0	0	0	0	12-46-25.txt	0	0	0	0	0	4
16-12-56.txt	0	0	0	0	4	0	16-25-44.txt	0	0	0	0	0	0
16-13-23.txt	1	0	0	1	1	0	16-25-57.txt	0	0	0	0	0	0
16-13-35.txt	0	0	0	0	3	0	16-26-10.txt	0	0	0	0	0	8
16-14-07.txt	0	0	0	0	4	0	16-26-23.txt	0	0	0	0	0	5
16-14-21.txt	0	0	0	1	2	0	16-26-37.txt	0	0	0	0	0	0
16-14-36.txt	0	0	0	0	3	0	16-26-51.txt	0	0	0	0	0	6
16-14-50.txt	0	0	0	0	3	0	16-27-08.txt	0	0	0	0	0	6
16-15-05.txt	0	0	0	0	3	0	16-27-21.txt	0	0	0	0	0	7
16-15-20.txt	0	0	0	0	3	0	16-27-39.txt	0	0	0	0	0	5
16-15-33.txt	0	0	0	0	2	0	16-27-54.txt	0	0	0	0	0	4
16-15-48.txt	0	0	0	0	3	0	16-28-08.txt	0	0	0	0	0	5
16-16-02.txt	0	0	0	0	3	0	16-28-24.txt	0	0	0	0	0	5
16-16-16.txt	0	0	0	0	2	0	16-28-40.txt	0	0	0	0	0	3
16-17-18.txt	0	2	0	0	3	0	16-28-53.txt	0	0	0	0	0	5
16-17-31.txt	0	0	0	0	5	0	16-29-07.txt	0	0	0	0	0	4

К-во идент.кадров для 1-го шаблона Угол к нормали = 3.5°							К-во идент.кадров для 2-го шаблона Угол к нормали = 3.5°						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек						Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
12-51-16.txt	3	0	0	0	0	0	12-47-48.txt	0	3	0	0	1	0
12-51-34.txt	0	0	0	1	0	0	12-48-01.txt	0	1	0	0	2	0
12-51-48.txt	0	0	0	0	0	0	12-48-16.txt	0	0	0	0	0	0
12-52-01.txt	3	0	0	1	0	0	12-48-50.txt	0	4	0	0	0	0
12-52-14.txt	3	0	0	2	0	0	12-49-05.txt	0	1	0	0	1	0
12-52-30.txt	1	0	0	2	0	0	12-49-20.txt	0	3	0	0	0	0
12-52-45.txt	0	0	0	1	0	0	12-49-36.txt	0	1	0	0	0	0
12-52-58.txt	0	0	0	1	0	0	12-49-51.txt	0	2	0	0	0	0
12-53-13.txt	0	0	0	2	0	0	12-50-06.txt	0	0	0	0	0	0
12-53-29.txt	1	0	0	0	0	0	12-50-20.txt	0	0	0	0	0	0
16-41-15.txt	3	0	0	0	0	0	16-31-13.txt	0	3	0	0	0	0
16-41-29.txt	2	0	0	2	0	0	16-31-31.txt	0	0	0	0	0	0
16-41-44.txt	0	0	0	1	6	0	16-31-46.txt	0	2	0	0	0	0
16-41-57.txt	4	0	0	0	0	0	16-32-00.txt	0	1	0	0	1	0
16-42-10.txt	2	0	0	1	0	0	16-32-14.txt	0	1	0	0	0	0
16-42-23.txt	3	0	0	0	0	0	16-32-28.txt	0	1	0	0	0	0
16-42-41.txt	4	0	0	0	0	0	16-32-43.txt	0	0	0	0	0	0
16-42-56.txt	4	0	0	2	0	0	16-32-58.txt	0	0	0	0	0	0
16-43-09.txt	2	0	0	1	0	0	16-33-14.txt	0	1	0	0	0	0
16-43-28.txt	4	0	0	0	0	0	16-33-28.txt	0	0	0	0	0	0
16-43-47.txt	5	0	0	1	0	0	16-33-41.txt	0	11	0	0	0	0
16-44-02.txt	2	0	0	0	0	0	16-33-55.txt	0	0	0	0	0	0
16-44-16.txt	0	0	0	1	0	0	16-34-14.txt	0	4	0	0	0	0
16-44-33.txt	3	0	0	1	0	0	16-34-28.txt	0	0	2	0	1	0
16-44-58.txt	2	0	0	2	1	0	16-34-43.txt	0	1	0	0	0	0

К-во идент.кадров для 3-го шаблона Угол к нормали = 3.5°						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
15-12-03.txt	0	0	11	0	0	0
15-12-18.txt	0	0	3	0	0	0
15-12-34.txt	0	0	4	0	0	0
15-12-48.txt	0	0	4	0	0	0
15-13-01.txt	0	0	7	0	0	0
15-13-18.txt	0	0	3	0	0	0
15-13-31.txt	0	0	6	0	0	0
15-13-43.txt	0	0	5	0	0	0
15-13-57.txt	0	0	8	0	0	0
15-14-09.txt	0	0	5	0	0	0
15-14-23.txt	0	0	6	0	0	0
15-14-37.txt	0	0	6	0	0	0
15-14-50.txt	0	0	6	0	0	0
15-15-06.txt	0	0	6	0	0	0
15-15-21.txt	0	0	9	0	0	0
15-15-33.txt	0	0	6	0	0	0
15-15-53.txt	0	0	6	0	0	0
15-16-10.txt	0	0	6	0	0	0
15-16-25.txt	0	0	6	0	0	0
15-16-40.txt	0	0	7	0	0	0
15-16-56.txt	0	0	4	0	0	0
15-17-22.txt	0	0	1	0	0	0
15-17-36.txt	0	0	3	0	0	0
15-17-50.txt	0	0	1	0	0	0
15-18-04.txt	0	0	7	0	0	0
15-18-17.txt	0	0	8	0	0	0
15-18-30.txt	0	0	7	0	0	0
15-18-44.txt	0	0	7	0	0	0
15-18-57.txt	0	0	6	0	0	0
15-19-10.txt	0	0	7	0	0	0
15-19-22.txt	0	0	7	0	0	0
15-19-38.txt	0	0	3	0	0	0
15-19-52.txt	0	0	7	0	0	0
15-20-06.txt	0	0	9	0	0	0
15-20-20.txt	0	0	7	0	0	0
15-20-36.txt	0	0	5	0	0	0
15-20-51.txt	0	0	6	0	0	0
15-21-09.txt	0	0	6	0	0	0
15-21-22.txt	0	0	5	0	0	0
15-21-35.txt	0	0	6	0	0	0

К-во идент.кадров для 4-го шаблона Угол к нормали = 3.5°						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
12-57-10.txt	1	0	0	2	2	0
12-57-26.txt	0	0	0	0	0	0
12-57-41.txt	0	0	0	1	1	0
12-57-57.txt	0	0	0	0	0	0
12-58-11.txt	0	0	0	0	0	0
12-58-26.txt	1	0	0	1	3	0
12-58-39.txt	1	0	0	1	3	0
12-58-53.txt	1	0	0	1	3	0
12-59-08.txt	2	0	0	2	2	0
12-59-21.txt	3	0	0	1	2	0
16-50-59.txt	1	0	0	4	0	0
16-51-14.txt	2	0	0	4	0	0
16-51-29.txt	0	0	0	4	0	0
16-51-45.txt	2	0	0	1	0	0
16-52-00.txt	4	0	0	0	0	0
16-52-32.txt	1	0	0	1	4	0
16-52-47.txt	2	0	0	5	0	0
16-53-01.txt	2	0	0	1	0	0
16-53-16.txt	1	0	0	2	0	0
16-53-30.txt	1	0	0	3	1	0
16-53-43.txt	0	0	0	4	0	0
16-53-58.txt	3	0	0	3	0	0
16-54-12.txt	3	0	0	1	1	0
16-54-50.txt	5	0	0	3	0	0
16-55-14.txt	2	0	0	3	0	0

К-во идент.кадров для 5-го шаблона Угол к нормали = 3.5°							К-во идент.кадров для 6-го шаблона Угол к нормали = 3.5°						
Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек						Имена нажатий	Кол.идент.кадров для библиотек					
12-54-16.txt	0	0	0	0	3	0	13-00-35.txt	0	0	0	0	0	0
12-54-31.txt	0	0	0	0	3	0	13-00-51.txt	0	0	0	0	0	2
12-54-46.txt	0	0	0	0	3	0	13-01-05.txt	0	0	0	0	0	2
12-54-59.txt	0	0	0	0	5	0	13-01-18.txt	0	0	0	0	0	2
12-55-12.txt	0	0	0	0	2	0	13-01-31.txt	0	0	0	0	0	0
12-55-26.txt	0	0	0	0	1	0	13-01-44.txt	0	0	0	0	0	3
12-55-41.txt	0	0	0	0	4	0	13-01-59.txt	0	0	0	0	0	4
12-55-54.txt	0	0	0	0	5	0	13-02-13.txt	0	0	0	0	0	5
12-56-10.txt	0	0	0	0	4	0	13-02-30.txt	0	0	0	0	0	4
12-56-25.txt	1	0	0	0	3	0	13-02-43.txt	0	0	0	0	0	4
16-46-33.txt	0	0	0	1	4	0	16-56-10.txt	0	0	0	0	0	2
16-46-49.txt	1	0	0	0	2	0	16-56-42.txt	0	0	0	0	0	5
16-47-03.txt	1	0	0	0	2	0	16-56-57.txt	0	0	0	0	0	3
16-47-16.txt	1	0	0	1	1	0	16-57-11.txt	0	0	0	0	0	2
16-47-31.txt	0	0	0	1	7	0	16-57-27.txt	0	0	0	0	0	4
16-47-48.txt	1	0	0	0	1	0	16-57-43.txt	0	0	0	0	0	5
16-48-02.txt	1	0	0	0	1	0	16-57-58.txt	0	0	0	0	0	1
16-48-17.txt	1	0	0	0	2	0	16-58-12.txt	0	0	0	0	0	2
16-48-35.txt	1	0	0	0	2	0	16-58-25.txt	0	0	0	0	0	0
16-48-50.txt	1	0	0	0	2	0	16-58-40.txt	0	0	0	0	0	3
16-49-06.txt	0	0	0	0	3	0	16-58-53.txt	0	0	0	0	0	2
16-49-22.txt	0	1	0	0	1	0	16-59-06.txt	0	0	0	0	0	3
16-49-38.txt	1	1	0	0	1	0	16-59-39.txt	0	0	0	0	0	5
16-49-54.txt	1	0	0	0	2	0	16-59-54.txt	0	0	0	0	0	3
16-50-07.txt	1	0	0	1	0	0	17-00-08.txt	0	0	0	0	0	4

Приведем сводную таблицу, в которой для нажатий на каждый шаблон (одна строка задает нажатия на один шаблон) укажем суммарное количество идентифицирующих кадров для различных библиотек шаблонов (один столбец соответствует одной библиотеке нажатий) для случая нулевого угла наклона.

К-во идент.кадров 0-библиотек для k-го шаблона Угол к нормали = 0°						
k	Кол.идент.кадров для шести 0-библиотек					
1	73	1	0	13	0	0
2	0	64	0	0	1	0
3	0	0	284	0	0	0
4	19	0	0	58	8	0
5	2	6	0	2	63	0
6	0	0	0	0	0	104

Пороговые значения для выбора идентифицирующих кадров в данной работе выбирались вручную по нажатиям с нулевым углом отклонения от перпендикуляра к поверхности образца. На самом деле, эти значения не одинаковыми: 1)0.07, 2)0.06, 3)0.1, 4)0.04, 5)0.05, 6)0.09. Для нулевого угла отклонения наборы нажатий дают верные соответствия с тестируемыми шаблонами. При этом, не все отдельные нажатия соответствуют шаблонам. Как следует из таблиц, количество верных соответствий для заданных библиотек (при полном количестве нажатий в каждой библиотеке = 25, кроме третьей библиотеки с полным количеством нажатий = 40) следующее: 1)21, 2)24, 3)40, 4)18, 5)20, 6)21. Эти данные говорят о существенной разделенности сенсорных образов различных образцов, с точки зрения функции близости.

Оценим качество распознавания шаблонов при различных углах наклона сначала по информации по каждому отдельному нажатию, а потом — по всем нажатиям на один образец в целом на основе построенных 0-библиотек шаблонов и выбранных выше пороговых значений.

В следующей таблице приводятся количество верных соответствий отдельных нажатий, в зависимости от угла наклона нажатия и номера образца (полное количество нажатий = 25, кроме 40 нажатий для третьей библиотеки).

К-во верных соответствий для 0-библиотек для нажатий						
Угол наклона	Для каждого образца					
всего нажатий	25	25	40	25	25	25
0.°	21	24	40	18	20	21
3.5°	15	13	40	8	19	22
7°	17	10	37	15	10	13
10.5°	11	6	8	11	7	7
14°	24	0	0	9	1	6

Данная таблица говорит о том, что с точки зрения соответствий отдельных нажатий для угла наклона механорецептора = 3.5° правильно классифицируются все шаблоны, кроме 4-го. На самом деле, этот факт не удивителен в силу того, что даже визуально легко спутать сенсорные образы от полусфер диаметром 11 и 6 мм. Т.е. вывод из данной таблицы следующий: отдельные нажатия приемлемо классифицируют все рассматриваемые шаблоны, кроме различия полусфер диаметром 11 и 6 мм, при угле наклона механорецептора не более 3° .

В следующей таблице приводятся количество верных идентифицирующих кадров для каждой группы нажатий, максимальное количество неверных идентифицирующих кадров из одной библиотеки шаблонов изо всех нажатий на один образец и полное количество идентифицирующих кадров для каждой группы нажатий в зависимости от угла нажатия (=строка) и номера шаблона (=столбец).

К-во верных/макс.неверных/всего соответствий кадров для 0-библиотек для наборов нажатий						
Угол наклона	Для каждого образца					
0°	73/13/87	64/1/65	284/0/284	58/19/85	63/6/73	104/0/104
3.5°	51/22/80	40/6/48	232/0/232	48/38/108	64/12/82	70/0/70
7°	57/13/84	16/2/20	195/0/195	73/31/111	29/18/51	23/0/23
10.5°	42/28/73	11/0/11	8/0/8	55/31/103	33/23/59	17/0/17
14°	96/7/104	0/1/1	0/0/0	63/111/176	3/57/60	7/1/8

Данная таблица говорит о том, что с точки зрения информации, полученной от данных наборов нажатий (=суммарных соответствий), для углов наклона механорецептора $\leq 10^\circ$ все шаблоны классифицируются правильно. При больших углах информация от групп нажатий механорецептора становится недостоверной. Т.е. вывод из данной таблицы следующий: наборы нажатий (в нашем случае наборы из 40 нажатий для третьей библиотеки и 25 нажатий для остальных библиотек) приемлемо классифицируют все рассматриваемые шаблоны при угле наклона механорецептора не более 10° . Стоит отметить, что в работе [8] уровень распознавания на углах наклона механорецептора около $\leq 10^\circ$ становится критически плохим и без создания обучающей выборки на наклонных нажатиях предложенный в [8] подход по качеству распознавания существенно уступает описанному в данной статье подходу.

Отметим, что соотношение первых двух чисел в каждом поле таблицы (=количество верных идентифицирующих кадров / максимальное количество неверных идентифицирующих кадров изо всех библиотек) характеризует качество классификации для данного угла данного шаблона. Например, если это соотношение близко к 1, то это значит, что

вероятность правильной классификации не превосходит 50%.

0.2 Оценка качества распознавания на основе 1-библиотеки шаблонов

Расширение обучающей выборки на нажатия, производимые подо всеми рассматриваемыми углами, прогнозируемо существенно улучшает качество распознавания в целом. При этом, естественно, остается актуальным вопрос о создании такой выборки в реальных (не лабораторных) условиях.

Для оценки качества распознавания на основе 1-библиотек приведем таблицы, аналогичные таблицам из предыдущего подраздела.

В следующей таблице приводятся количество верных соответствий отдельных нажатий, в зависимости от угла наклона нажатия и номера образца (полное количество нажатий = 25, кроме третьего образца, на который нажимали 40 раз).

К-во верных соответствий для 1-библиотек для нажатий						
Угол наклона	Для каждого образца					
всего нажатий	25	25	40	25	25	25
0.°	17	24	40	22	21	24
3.5°	21	21	38	23	24	25
7°	18	20	36	14	17	25
10.5°	17	19	1	19	18	23
14°	23	8	0	20	13	21

Данная таблица показывает существенное улучшение качества распознавания в целом по сравнению со случаем использования 0-библиотек. Плохое качество распознавания третьего образца на углах более 10° говорит о соответствующем качестве распознавания образца без жестких вкраплений.

В следующей таблице приводятся количество верных идентифицирующих кадров для каждой группы нажатий, максимальное количество неверных идентифицирующих кадров из одной библиотеки шаблонов изо всех нажатий на один образец и полное количество идентифицирующих кадров для каждой группы нажатий в зависимости от угла нажатия (=строка) и номера шаблона (=столбец).

К-во верных/макс.неверных/всего соответствий кадров для 1-библиотек для наборов нажатий						
Угол наклона	Для каждого образца					
0°	69/26/101	67/2/69	246/0/246	84/13/110	70/11/85	117/0/117
3.5°	84/28/120	66/1/68	186/0/186	106/19/141	89/5/99	123/1/124
7°	75/28/123	33/2/37	152/0/152	96/31/140	55/14/79	107/2/109
10.5°	90/36/131	42/2/45	1/0/1	124/25/169	62/20/87	81/0/81
14°	108/16/125	13/6/21	0/0/0	156/64/225	60/14/75	65/1/66

Данная таблица сохраняет тенденцию к улучшению распознавания при переходе от 0-библиотек к 1-библиотекам.