

УДК 681.21

Т. Ч. АЛИЕВ

## МЕРА РАССТОЯНИЯ ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ К МАСШТАБНЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ ИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ.

*Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия,  
370010, пр. Азадлыг 20, г. Баку, Азербайджан,  
E-mail: alievtima18@rambler.ru*

**Аннотация.** В статье приведены области науки и техники в которых активно используются системы технического зрения. Указаны основные направления применения систем технического зрения. Предложена новая формула меры расстояний между объектами и произведен ее анализ. Приведены результаты компьютерного моделирования зависимостей изменения меры расстояний между объектами от изменения масштаба изображения и от изменения аддитивной и мультипликативной погрешностей измерения. Показано, что при равноточных измерениях, за счет подавления погрешностей признаков при применении данной меры расстояний между объектами, повышается достоверность распознавания изображений. Сделан вывод о преимуществах предложенной формулы по сравнению с имеющимися.

**Ключевые слова:** Системы технического зрения (СТЗ), мера расстояния, масштаб изображения

### ВВЕДЕНИЕ

Системы технического зрения (СТЗ) призваны и во многих случаях уже решают задачи по дополнению или даже замене человека в областях деятельности, связанных со сбором и анализом зрительной информации. Уровень их использования в прикладных областях является одним из ярких и наглядных интегральных показателей уровня развития высоких технологий в самых различных областях промышленности.

С помощью СТЗ автоматизированы разнообразные технологические процессы – распознавание промышленных деталей, их сортировка, контроль размеров, укладка продукции в тару, контроль установки сверла или сварочной головки в заданное место контактной площадки ряд других.

Другое направление – создание специализированных СТЗ для мобильных роботов, которые используются в различных областях науки и техники, в чрезвычайных ситуациях при проведении аварийно спасательных работ, в химической промышленности, при борьбе с терроризмом, охране особо важных объектов.

СТЗ позволяют контролировать процессы изготовления и ремонта, в условиях когда человек не может или ему опасно находится рядом или внутри объекта.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в области технического зрения, эффективное его использование в качестве средства автоматизации приходится, прежде всего, на наиболее развитые производства. В плохо организованных средах и исследовательских задачах на СТЗ возлагается роль дополнения, расширяющего возможности и повышающего эффективность человеческого зрительного анализа [1,2].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Можно отметить два основных направления применения СТЗ. Первое – полностью самостоятельная система, работающая в условиях фиксированной степени неопределенности и решающая задачи определенной сложности. Второе – интегрированная человек-машинная система, освобождающая оператора от монотонной работы, производящая предварительную обработку поступающей информации, перед выдачей ее оператору, для уменьшения ее объема, корректировку работы оператора а сложных условиях.

При эксплуатации СТЗ, основным критерием характеризующем ее эффективность, является достоверность распознавания объектов.

Задачу распознавания объектов, в общем виде, можно сформулировать как задачу, разработки процедуры определения сходства объектов с эталонами. Для определения сходства изображения объекта из базы данных с изображением объекта, указанным в запросе, обычно применяется некоторая мера расстояния, с помощью которой можно получить численную оценку сходства изображений. Для решения данной задачи существует большое число различных математических выражений. Это связано с тем, что, чем меньше расстояние между двумя объектами, тем больше сходство между ними. Однако, это утверждение справедливо лишь в пространстве точно вычисленных признаков, а это выполняется далеко не всегда.

Одним из основных факторов, повышающий погрешность измерения признаков изображений объектов является изменение масштаба изображения. При распознавании объектов масштаб изображения распознаваемого объекта по сравнению с изображением эталонного объекта не остается постоянным и постоянно меняется. В качестве примера можно показать изменение расстояния между органом зрения и распознаваемым объектом. Масштабное изменение приводит к изменению значений признаков изображений, и даже одинаковые объекты будут неправильно распознаны. Поэтому, обеспечение инвариантности распознавания объектов к масштабным изменениям изображений остается актуальным.

Мера близости между распознаваемым и эталонным объектами вычисляется с помощью различных формул. Из них наиболее распространенные расстояния Манхеттена и Камберра [1,2]:

Как видно из [1,2] расстояние Манхеттена от изменения масштаба изображения полностью неинвариантно. Расстояние Камберра частично обеспечивает инвариантность к масштабным изменениям изображений. Однако, как показывает практика, этого для обеспечения высокой достоверности распознавания изображений не достаточно.

Для обеспечения инвариантности распознавания объектов используются разные алгоритмы [1-4]. Однако, эти алгоритмы не обеспечивают полную инвариантность распознавания и решают проблему частично. Поэтому обеспечение инвариантности распознавания к изменению масштаба образа остается актуальным.

## РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Для устранения погрешности, вызванной изменением масштаба изображения, предлагается следующая формула оценки меры близости между объектами:

$$Z = \sum_{i=1}^n \left\| \frac{y_i - y_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} - \frac{y_{i+2} - y_{i+3}}{x_{i+2} - x_{i+3}} \right\| \quad (1)$$

где:  $x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, x_{i+3}$  и  $y_i, y_{i+1}, y_{i+2}, y_{i+3}$  – значения признаков распознаваемого и эталонного образа.

Приведенная формула (1), наряду с обеспечением инвариантности к масштабным изменениям, не имеет зависимости от аддитивной и мультипликативной погрешностей.

Предположим, что значения признаков распознаваемого и эталонного объектов представлены в виде:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{i,\delta} * M + x_{i,\delta} * M * \sigma_x + \Delta x \quad \text{и} \quad y_i = y_{i,\delta} + y_{i,\delta} * \sigma_y + \Delta y, \\ x_{i+1} &= x_{i+1,\delta} * M + x_{i+1,\delta} * M * \sigma_x + \Delta x \quad \text{и} \quad y_{i+1} = y_{i+1,\delta} + y_{i+1,\delta} * \sigma_y + \Delta y, \\ x_{i+2} &= x_{i+2,\delta} * M + x_{i+2,\delta} * M * \sigma_x + \Delta x \quad \text{и} \quad y_{i+2} = y_{i+2,\delta} + y_{i+2,\delta} * \sigma_y + \Delta y, \\ x_{i+3} &= x_{i+3,\delta} * M + x_{i+3,\delta} * M * \sigma_x + \Delta x \quad \text{и} \quad y_{i+3} = y_{i+3,\delta} + y_{i+3,\delta} * \sigma_y + \Delta y, \end{aligned}$$

где:  $x_{i,\delta}, x_{i+1,\delta}, x_{i+2,\delta}, x_{i+3,\delta}, y_{i,\delta}, y_{i+1,\delta}, y_{i+2,\delta}, y_{i+3,\delta}, \Delta x, \Delta y, \sigma_x, \sigma_y$  – соответственно, действительные значения, аддитивные и мультипликативные погрешности равноточного измерения значений признаков распознаваемого и эталонного объектов;  $M$  - масштаб.

Введем обозначения:  $(1 + M * \sigma_x) = A$  и  $(1 + \sigma_y) = B$ . Тогда получим:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{i,\delta} * A + \Delta x, \quad x_{i+1} = x_{i+1,\delta} * A + \Delta x, \quad x_{i+2} = x_{i+2,\delta} * A + \Delta x, \quad x_{i+3} = x_{i+3,\delta} * A + \Delta x \\ y_i &= y_{i,\delta} * B + \Delta y, \quad y_{i+1} = y_{i+1,\delta} * B + \Delta y, \quad y_{i+2} = y_{i+2,\delta} * B + \Delta y, \quad y_{i+3} = y_{i+3,\delta} * B + \Delta y. \end{aligned}$$

Подставим полученные данные в уравнение (1):

$$\frac{y_i - y_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} - \frac{y_{i+2} - y_{i+3}}{x_{i+2} - x_{i+3}} = \frac{(y_{i,\delta} - y_{i+1,\delta}) * B}{(x_{i,\delta} - x_{i+1,\delta}) * A} - \frac{(y_{i+2,\delta} - y_{i+3,\delta}) * B}{(x_{i+2,\delta} - x_{i+3,\delta}) * A}$$

Если объекты идентичны, т. е.:

$$x_{i,\delta} = y_{i,\delta}, \quad x_{i+1,\delta} = y_{i+1,\delta}, \quad x_{i+2,\delta} = y_{i+2,\delta}, \quad x_{i+3,\delta} = y_{i+3,\delta}$$

Получим:

$$\frac{(y_{i,\delta} - y_{i+1,\delta}) * B}{(x_{i,\delta} - x_{i+1,\delta}) * A} - \frac{(y_{i+2,\delta} - y_{i+3,\delta}) * B}{(x_{i+2,\delta} - x_{i+3,\delta}) * A} = \frac{B}{A} - \frac{B}{A} = 0$$

Т. о., если объекты идентичны, то сумма  $Z$  будет равна 0.

Уравнение (3) имеет решение, если  $x_{i,\delta} \neq x_{i+1,\delta}$ ,  $x_{i+2,\delta} \neq x_{i+3,\delta}$ .

Иными словами, уравнение (3) будет иметь решение, если любые два рядом стоящих по индексу признака не будут равны друг другу.

Зависимость изменения меры близости между объектами от изменения масштаба, аддитивной и мультипликативной погрешностей изображения была проверена путем компьютерного моделирования. При компьютерном моделировании предложенная формула ( $Z$  предл.) сравнена с расстоянием Камберра ( $Z$  кам.) и с расстоянием Манхэттена ( $Z$  ман.). Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

**Зависимости изменения меры расстояний между объектами от изменения масштаба, аддитивной и мультипликативной погрешностей**

$M$	$\Delta x$	$\sigma_x$	$Z$ ман.	$Z$ кам.	$Z$ предл.
1	0,5	0,01	9,96	0,062	$6,0743 * 10^{-14}$
1,1	0,55	0,011	173,5032	1,0241	$4,3354 * 10^{-14}$
1,2	0,6	0,012	337,3648	1,8992	$6,703 * 10^{-14}$
1,3	0,65	0,013	501,5448	2,6986	$7,766 * 10^{-14}$
1,4	0,7	0,014	666,0432	3,4317	$3,0386 * 10^{-14}$
1,5	0,75	0,015	830,86	4,1065	$5,7648 * 10^{-14}$
1,6	0,8	0,016	995,9952	4,7297	$6,499 * 10^{-14}$
1,7	0,85	0,017	$1,1614 * 10^3$	5,3069	$6,9486 * 10^{-14}$
1,8	0,9	0,018	$1,3272 * 10^3$	5,843	$4,7254 * 10^{-14}$
1,9	0,95	0,019	$1,4933 * 10^3$	6,3364	$5,5775 * 10^{-14}$
2	1	0,02	$1,6597 * 10^3$	6,8084	$6,585 * 10^{-14}$
2,1	1,05	0,021	$1,8264 * 10^3$	7,2446	$6,7529 * 10^{-14}$
2,2	1,1	0,022	$1,9935 * 10^3$	7,6536	$4,4784 * 10^{-14}$
2,3	1,15	0,023	$2,1609 * 10^3$	8,038	$7,1318 * 10^{-14}$
2,4	1,2	0,024	$2,3285 * 10^3$	8,3997	$5,225 * 10^{-14}$
2,5	1,25	0,025	$2,4965 * 10^3$	8,7409	$5,0571 * 10^{-14}$
2,6	1,3	0,026	$2,6649 * 10^3$	9,0631	$9,2815 * 10^{-14}$
2,7	1,35	0,027	$2,8335 * 10^3$	9,368	$5,6663 * 10^{-14}$
2,8	1,4	0,028	$3,0025 * 10^3$	9,6569	$5,3957 * 10^{-14}$
2,9	1,45	0,029	$3,1717 * 10^3$	9,931	$5,4429 * 10^{-14}$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная формула на ряду с обеспечением инвариантности к масштабным изменениям, не имеет зависимости от аддитивной и мультипликативной погрешностей и является одной и эффективных мер расстояний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 – 752с.: ил. – Предм. указ.: с.717–743. – Библиогр. в конце гл. – ISBN 5-94774-384-1.
2. ФОР А. Восприятие и распознавание образов / Пер. с француз. А. В. Серединского; под ред. Г. П. Катуса. - М.: Машиностроение, 1989.- 272 с. ISBN 5-217-00629-3.
3. Мамедов Р., Алиев Т. Обеспечение инвариантности распознавания изображений к масштабам в адаптивных роботах: «ІНТЕРНЕТ ОСВІТА – НАУКА – 2008», шоста міжнародна конференція ІОН – 2008, 7 – 11 жовтня, 2008. Збірник матеріалів конференції. Том 2. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008 – 298с. ISBN 978-966-641-268-6 (том 2)
4. Мамедов Р. Обеспечение инвариантности распознавания изображений к линейным перемещениям и масштабам в адаптивных роботах / Мамедов Р., Алиев Т. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології [міжнародний науково-технічний журнал]. – 2009. - №1(17). – С.26-31. ISSN 1681-7893

Надійшла до редакції 17.05.2009р.

**АЛИЕВ ТИМУР ЧИНГИЗ** – аспирант кафедры «Информационно-измерительная и вычислительная техника» Азербайджанской государственной нефтяной академии, г. Баку, Азербайджан.