

8. Иванов Г.Г. Электрокардиография высокого разрешения. М.: Триада-Х, 2003. – 304с.
9. Файнзильберг Л.С., Жук Т.Н. Гарантированная оценка эффективности диагностических тестов

на основе усиленного ROC-анализа // Управляющие системы и машины. № 5, 2009. – С.3-13.

## DEVELOPMENT OF THE SPECTRAL METHOD FOR P-WAVE ANALYSIS ON THE ELECTROCARDIOGRAM FOR THE DESIGN OF THE HEART ARRHYTHMIA PORTABLE ANALYZER

Khomyakov A.V., Shcherbakov G.I.

Constructing features of the modern arrhythmia analyzing devices is considered. The usage of the spectral analysis of the P-wave on the electrocardiogram is proposed to extend the list of heart arrhythmias to be diagnosed. A technique of carried out research is described to find the threshold of decision-making to distinguish groups of signals with normal and abnormal conduction of the electrical impulse. Found threshold values are given.

*Keywords:* automatic analysis of electrocardiogram, ECG, portable arrhythmia analyzer, spectral analysis, ROC-curve.

Хомяков Антон Вадимович, аспирант, ассистент Кафедры «Радиоэлектронные и телекоммуникационные системы» (РТС) Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева (КГТУ). Тел. 8(843)238-99-24. E-mail: kai2016@yandex.ru

Щербаков Геннадий Иванович, к.т.н., профессор, заведующий Кафедрой РТС КГТУ. Тел. 8 (843) 238-99-24. E-mail: rts@rts.kstu-kai.ru

УДК 004.021

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Гаврилова А.А.

В условиях преобразований в организации и управлении предприятиями интерес представляют методы, позволяющие принимать научно обоснованные системные управленческие решения. В работе проведена оценка эффективности функционирования производственно-экономического объекта на примере генерирующей компании, исследованы производственно-технологические внутренние связи, проанализированы вклады основных бизнес-ресурсов в конечные показатели деятельности на основе методов имитационного моделирования.

*Ключевые слова:* управление предприятием, оценка эффективности функционирования, принятие решений, имитационное моделирование, бизнес-ресурсы, энергетическая система.

### Введение

В данной работе предлагается один из возможных подходов к исследованию с помощью модельного анализа деятельности производственно-экономического объекта – региональной энергетической системы. Объектом исследования является территориальная генерирующая

компания, которая вырабатывает электрическую и тепловую энергию для нужд областного промышленного комплекса и ЖКХ и определяющим образом влияет на развитие региона. Необходимость исследования эффективности функционирования энергосистемы обусловлена значительным ростом энергетической составляющей в себестоимости продукции в настоящее время. Энергоемкость российского валового внутреннего продукта выше, чем в экономически развитых странах более чем в 2,5 раза. Высокая энергоемкость значительно уменьшает эффективность и конкурентоспособность российской экономики.

### Статистический анализ

Для проведения имитационного моделирования бизнес-процессов производственно-экономического объекта необходим предварительный статистический анализ его деятельности в реальном бизнес-пространстве. Проанализируем эффективность функционирования производственно-экономического объекта на примере энергетической системы Самарской области. Период

исследования – с 1976 по 2010 годы. На рис. 1 приведены статистические данные по выработке электрической, тепловой и суммарной энергии энергосистемой за исследуемый период.

Наиболее высокие количественные показатели энергосистема достигла в 1987-1990 г.г. В 1990 году из состава энергосистемы была выведена Волжская ГЭС, и в настоящее время энергосистема состоит только из ТЭЦ. В результате она стала дефицитной по производству электроэнергии.

Электрическая нагрузка ТЭЦ энергосистемы в 1989-1991 г.г. снизились почти на 20%. В последующие годы произошло снижение потребления электрической энергии промышленностью на 38%. В этих условиях нарушился оптимальный баланс комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, увеличились удельные расходы топлива на отпущенную энергию.

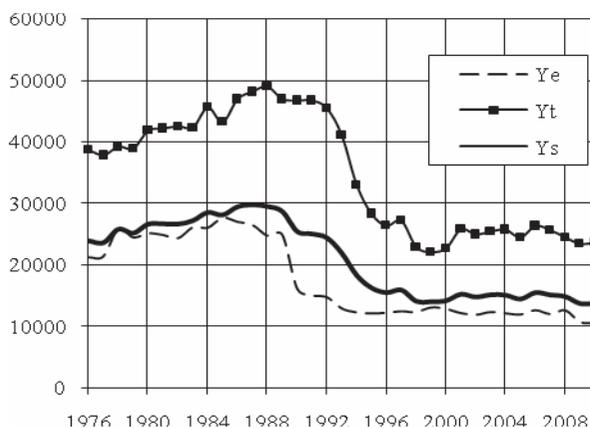


Рис. 1. Показатели бизнес-процессов энергосистемы 1976-2010 г.г.:  $Y_t$  – отпуск тепловой энергии,  $Y_e$  – отпуск электроэнергии,  $Y_s$  – суммарный отпуск энергии, (млнГДж)

Величина спада потребления и производства энергии в 1990-2010 г.г. в значительной степени определяется постоянным ростом тарифов на отпускаемые тепловую и электрическую энергию. В результате многие энергоёмкие предприятия области, стремясь сократить затраты на приобретаемую тепловую энергию, приняли решение о строительстве собственных энергоисточников. В последующие годы производство электрической энергии осталось на уровне 2002 г. с незначительными колебаниями.

Производство тепловой энергии за рассматриваемый период характеризуется еще большим спадом, чем производство электрической. Суммарное падение производства тепла за период до 1996 г. составило 44%.

До начала периода перестроек 90-ых годов в общей тепловой нагрузке энергосистемы доля паропроизводства ТЭЦ составляла 57%, а производства горячей воды – 43%, так как основным потребителем тепловой энергии в области является промышленность. Такое соотношение соответствовало оптимальным, регламентным режимам работы технологического оборудования областной энергосистемы.

В 1994 г. паровая нагрузка резко снизилась вследствие спада промышленного потребления и составила всего лишь 36% от общей тепловой нагрузки, доля горячего водоснабжения возросла до 64%.

Значительное изменение структуры выработки тепловой энергии, а также изменение соотношений между выработкой тепловой энергии и произведенной на ее базе электрической энергии привели к эксплуатации энергетического оборудования в нерасчетных, неоптимальных режимах.

### Модельный анализ

В интересах имитационного моделирования исследуем динамику поведения энергосистемы в 1990-2010 г.г. с помощью математических моделей в форме степенных производственных функций типа Кобба-Дугласа. Определим эффективность использования бизнес-ресурсов.

В качестве имитационной модели используем агрегированную модель, учитывающую влияние на продукт производства основных бизнес-ресурсов. Для энергопроизводства основными ресурсами являются: материальные  $K(t)$ , трудовые  $L(t)$  и топливные  $B(t)$  ресурсы. Таким образом, представим модель в виде зависимости количества произведенной энергии  $Y(t)$  от трех определяющих факторов в виде:

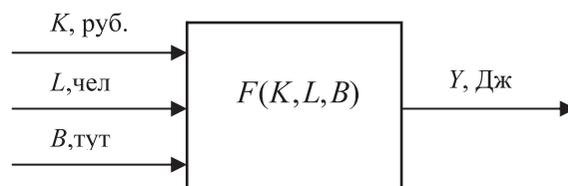


Рис. 2. К построению модели количества произведенной электроэнергии

В соответствии с приведенной структурой общий вид модели построим в мультипликативной форме:

$$Y(t) = A \cdot K(t)^\alpha \cdot L(t)^\beta \cdot B(t)^\gamma; \quad (1)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – коэффициенты эластичности выпуска по фондам, труду и топливу. Они являются логарифмическими функциями чувствительности  $\alpha = \frac{K}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial K}$ ,  $\beta = \frac{L}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial L}$  и  $\gamma = \frac{B}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial B}$  и показывают, на сколько процентов увеличится производство энергии при увеличении затрат соответствующих ресурсов ( $K$ ,  $L$  или  $B$ ) на 1%.  $A$  – масштабный коэффициент, характеризующий интегральную эффективность производства.

Значения масштабного коэффициента и коэффициентов эластичности (см. таблицу 1) идентифицированы методом наименьших квадратов [2], минимизирующим среднее квадратическое отклонение реальной статистики от расчетов по модели (1).

На рис. 3 приведено сопоставление модельных расчетов с реальными статистическими данными по отпуску суммарной энергии. Модели по выпуску тепловой и электрической энергии имеют аналогичный вид.

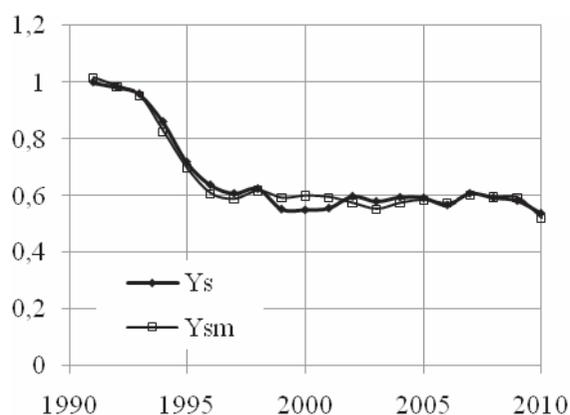


Рис. 3. Производственно-экономический объект – энергосистема 1990-2010 гг.  $Y_s$  слг – отпуск суммарной энергии,  $10^{10}$  Дж;  $Y_{sm}$  – модель

В целом, анализ результатов идентификации параметров моделей производства тепла, электроэнергии и суммарного отпуска продукции показывает, что все модели соответствуют реальным статистическим данным, так как значения коэффициентов

Таблица 1. Результаты моделирования

Параметры и коэффициенты	1976-1989 г.г.			1990-2010 г.г.		
	Электроэнергия	Тепловая энергия	Суммарная энергия	Электроэнергия	Тепловая энергия	Суммарная энергия
$A$	2,6631	4,9517	1,7103	$6,7 \cdot 10^5$	$1,52 \cdot 10^2$	1,018
$\alpha$	0,7633	0,0525	0,0217	-0,3170	-0,0357	0,026
$\beta$	0,8313	0,0642	0,3253	-0,3210	-0,0552	-0,005
$\gamma$	0,9930	0,8910	0,6680	0,3130	0,7330	1,203
$R^2$	0,9426	0,9682	0,9683	0,9355	0,9855	0,9880
$\sigma$	0,0221	0,0184	0,0161	0,0270	0,0450	0,0418

детерминации лежат в пределах 0,94-0,99. Величины среднее квадратических невязок не превышают 4,5%. Оценки расчетов значимы по F-статистике на всем рассматриваемом временном интервале. Прогностические свойства моделей по критерию Дарбина-Уотсона являются удовлетворительными.

Таким образом, трехфакторная неоднородная производственная функция адекватно описывает все виды энергетического производства в реальном бизнес-пространстве и может использоваться в качестве имитационной модели исследуемого производственно-экономического объекта.

### Оценка устойчивости производственно-экономического объекта

Оценка устойчивости энергосистемы к структурным перестройкам в экономике нашей страны в переходный период оценивалась по предельным производительностям использования каждого бизнес-ресурса:  $\frac{\partial Y}{\partial K}$ ,  $\frac{\partial Y}{\partial L}$ ,  $\frac{\partial Y}{\partial B}$ . Эти производные характеризуют функции чувствительности производства к соответствующим входам. На рис. 4 приведена динамика предельной эффективности капитальных ресурсов, на рис. 5 – динамика предельной эффективности трудовых ресурсов. Предельные производительности основных бизнес-процессов: производства тепловой  $Y_t$  и электрической  $Y_e$  энергий рассчитаны на основе коэффициентов эластичности  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  моделей.

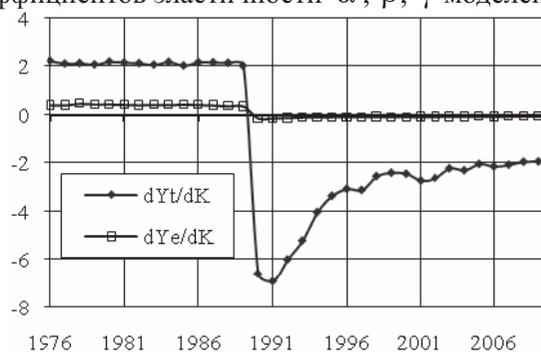


Рис. 4. Предельная эффективность капитальных ресурсов в бизнес-процессах производства тепловой и электрической энергии, Дж/руб

Анализ приведенных зависимостей показывает, что до 1989 г. предельные производительности ресурсов были положительными, незначительно колебались. Положительные их значения свидетельствуют о том, что энергосистема имела управляемость и функционировала удовлетворительно, что свидетельствовало об ее устойчивом развитии. После 1990 г. предельные производительности снизились, стали отрицательными, то есть управляемость на основе капитальных и трудовых ресурсов была потеряна. Энергосистема имеет низкий коэффициент эффективности использования капитальных и трудовых ресурсов.

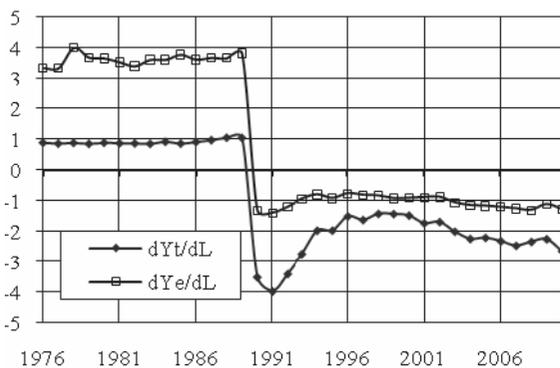


Рис. 5. Предельная эффективность трудовых ресурсов в бизнес-процессах производства тепловой и электрической энергии, Дж/чел

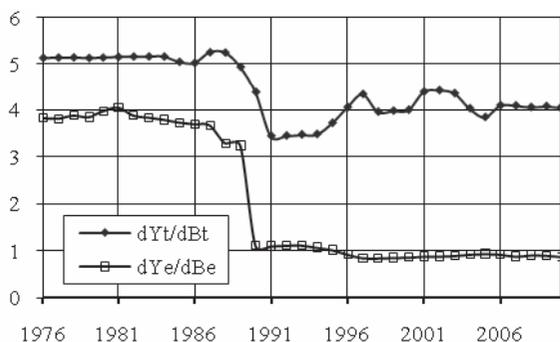


Рис. 6. Предельная эффективность по топливу в бизнес-процессах производства тепловой и электрической энергии, Дж/тут

На рис. 5 приведены графики предельной эффективности использования топливных ресурсов энергосистемы в основных бизнес-процессах: производстве тепловой  $Y_t$  и электрической  $Y_e$  энергии. Предельные производительности топливных ресурсов на всем рассматриваемом интервале остаются положительными. Для производства электрической энергии они существенно ниже, чем для производства тепловой энергии. Зависимость между расходом топлива  $B$  и количеством произведенной энергии  $Y(t)$

идентифицируется существенно нелинейной, что свидетельствует о весьма неудовлетворительном использовании топливных ресурсов.

### Закономерности поведения системы

Внутренние закономерности динамики поведения производственно-экономического объекта – энергосистемы – исследуем по фазовому портрету суммарного производства в пространствах состояний показателей качества. Координатными областями примем «фондоотдачу – производительность труда» (см. рис. 6).

Для фазового портрета характерна существенная неустойчивость. Состояние энергосистемы характеризуется тремя, близкими к стационарными, состояниями с малыми флуктуациями координат в их окрестности на начальном и конечном участках рассматриваемого периода в 1976-1987 г.г., в 1996-2002 г.г. и 2004-2010 г.г. В окрестности первой стационарной точки энергосистема находилась 12 лет, в окрестности второй и третьей – по 7 лет.

На интервале 1988-1995 г.г. происходит переход от одного стационарного состояния энергосистемы к другому. До 1988 г. энергосистема функционировала устойчиво со стабильными показателями эффективности. После 1988 г. в результате начала структурных перестроек в экономике произошло падение показателей эффективности функционирования энергосистемы.

В период 1996-2002 г.г. наметилась стабилизация текущих показателей качества, которые снизились практически в два раза. Новый переходный процесс привел к дальнейшему снижению эффективности использования капитальных ресурсов  $Y/K$  и незначительному росту производительности труда  $Y/L$ .

Смещение центров циклов к началу координат, в целом, свидетельствует о снижении эффективности функционирования энергосистемы.

Анализ поведения фазовых кривых в окрестностях особых точек показал, что движение изображающих точек происходит по циклическим замкнутым кривым в виде эллипсов. Фазовые траектории соответствуют устойчивым предельным циклам, которым отвечают автоколебательные процессы. Следовательно, в функционировании анализируемого производственно-экономического объекта четко проявляются механизмы саморегулирования. Из приведенных фазовых траекторий следует, что резкие внешние возмущающие воздействия системных перестро-

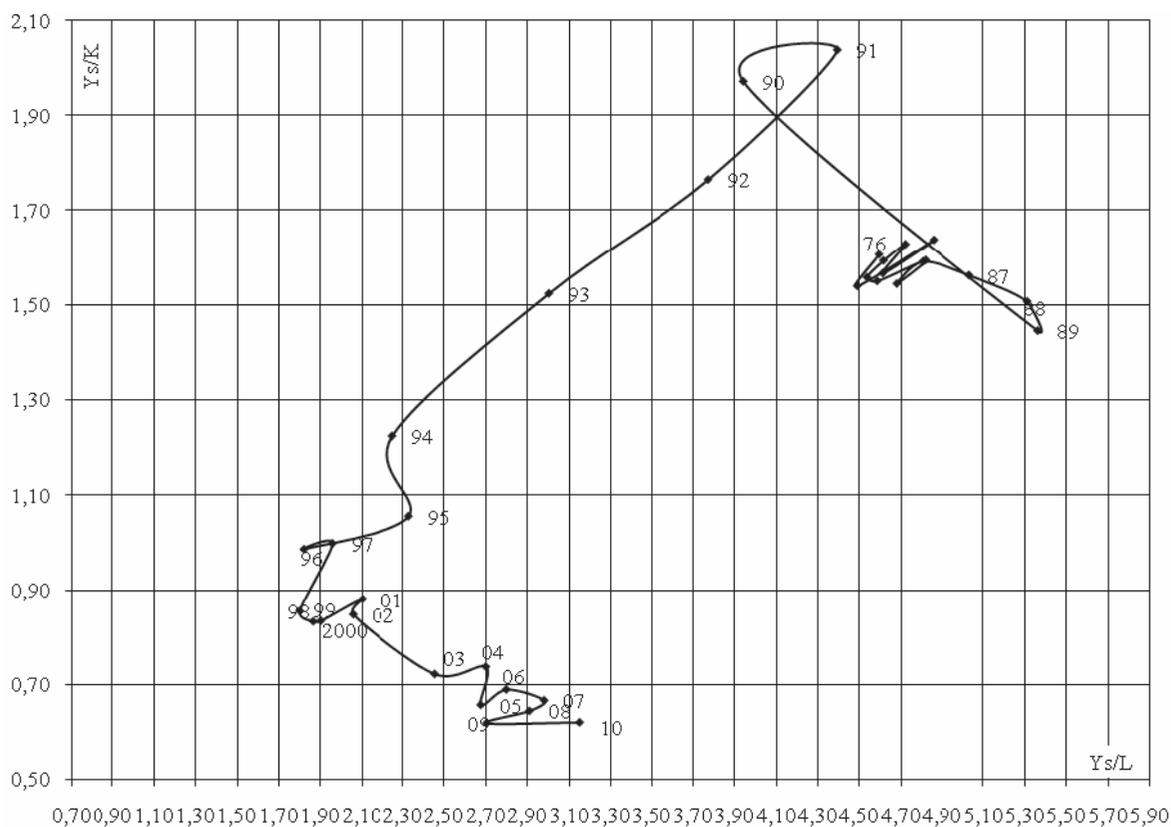


Рис. 6. Фазовый портрет суммарного производства энергосистемы в пространстве состояний «фондоотдача – производительность труда»

ек приводят к нарушению механизмов саморегулирования энергосистемы.

Частичное восстановление саморегулирования определяется после 2003 г. на более низком уровне показателей эффективности бизнес-процессов, которые снизились в среднем в два раза. Причиной незначительного роста производительности труда является вывод части персонала в аутсорсинг.

## Выводы

1. Агрегированная модель в виде степенной производственной функции адекватно описывает исследуемый производственно-экономический объект и может применяться в качестве имитационной модели для получения обоснованных управленческих решений.

2. Анализ показал, что устойчивое развитие региональной энергосистемы в 1976-1989 г.г. в 1990-2010 г.г. сменилось спадом производства. В период спада постоянно уменьшалась эффективность использования основных бизнес-ресурсов, излишек фондов и трудовых ресурсов привели к снижению производительности труда и фондоотдачи.

3. В функционировании производственно-экономического объекта четко проявляются ме-

ханизмы саморегулирования. Резкие внешние возмущающие воздействия системных перестроек бизнес-пространства приводят к нарушению механизмов саморегулирования объекта, происходит потеря управляемости основными бизнес-ресурсами.

## Литература

1. Салов А.Г., Гаврилова А.А. Системный анализ и моделирование деятельности энергетических генерирующих предприятий с целью оценки эффективности их функционирования в условия становления рыночных отношений // Вестник Саратовского ГТУ. №1(30), 2008. – С. 86-91.
2. Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Построение и идентификация математических моделей производственных функций. Самара.: Офорт, 2005. – 126 с.
3. Дилигенский Н.В., Салов А.Г., Гаврилова А.А. Модельный анализ устойчивости региональной энергетической системы в условиях формирования рыночных отношений // Труды IX МС «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». Ч. II. Казань, 2008. – С. 305-312.

## THE APPLICATION OF SIMULATION METHODS FOR SUSTAINABILITY ANALYSIS OF INDUSTRIAL-ECONOMIC OBJECT

Gavrilova A.A.

**With changes in the organization and management of the companies, methods for science-based seriate management solutions making are interesting. By using of the simulation methods we evaluated the efficiency of industrial-economic object in the example of the generating company, also industrial-technological interconnections have been studied and contribution of key business resources in the final indicators have been analyzed.**

***Keywords:** enterprise management, estimation of the functioning efficiency, decision making, simulation, business resources, energy system.*

Гаврилова Анна Александровна, доцент Кафедры «Экономические и информационные системы» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. (8-846) 228-00-36. E-mail: a.a.gavrilova@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УДК: 004.932.2

### ВЫДЕЛЕНИЕ И СРАВНЕНИЕ ТОЧЕЧНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОБЪЕКТА

*Аленин В.А., Куляс О.Л.*

Выделение точечных особенностей (points of interest, POI) и нахождение их соответствия на нескольких изображениях одного и того же объекта являются важными компонентами многих задач обработки изображений. Например, в алгоритмах автоматического совмещения и выравнивания изображений, построения («сшивания») композитных мозаик и панорам, реконструкции трехмерных изображений и т.д. От выбора и реализации конкретного алгоритма выделения и сравнения точечных особенностей напрямую зависит скорость и точность работы алгоритмов реконструкции. В статье анализируются существующие способы выделения и сравнения POI, а также предлагается новый алгоритм, позволяющий увеличить количество верных соответствий.

**Ключевые слова:** точечные особенности, SIFT, стратегии сравнения точечных особенностей, кривая ROC, выделение точечных особенностей, дескрипторы особенностей.

#### Постановка задачи

Реконструкция трехмерных сцен по набору изображений – одна из самых важных задач компьютерного зрения, имеющая множество практических применений [1]. Существует достаточно большое количество алгоритмов реконструкции, которые непосредственно зависят от типа решаемой задачи. У всех этих алгоритмов можно выделить некоторые общие

этапы, которые обязательно должны быть реализованы:

- поиск особенных точек на каждом изображении набора;
  - для каждой особенной точки уточняется регион, в пределах которого особенная точка однозначно локализуется и вычисляется некоторый количественный описатель – дескриптор;
  - с помощью алгоритмов сравнения устанавливается первичное – строгое соответствие между особенными точками;
  - построение фундаментальной матрицы;
  - вычисление соответствий для незадействованных особенных точек;
  - вычисление трехмерных координат точек сцены и объединение их в так называемое облако точек;
  - соединение облака точек в трехмерную модель;
  - текстурирование трехмерной модели.
- Особенная точка (точечная особенность, POI) – такая точка на поверхности объекта (сцены), которую можно легко выделить и локализовать на изображении. В идеальном случае особенная точка легко локализуется на каждом изображении набора, который может быть получен, например, телевизионной съемкой объекта с разных ракурсов. Регионом особенности называется область изображения, в пределах которой особенная точ-