

# Системный анализ

# ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ?

- СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЕСТЬ МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРУДНО НАБЛЮДАЕМЫХ И ТРУДНО ПОНИМАЕМЫХ СВОЙСТВ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЯВЛЯЕТСЯ ОДНИМ ИЗ НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ЭКОНОМИКЕ.

# I. ФИЛИСОФСКИЙ АСПЕКТ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

# СОВРЕМЕННОЕ НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ ОБЪЕКТИВНОГО МИРА ВКЛЮЧАЕТ ТРИ УРОВНЯ:

- 1. микроуровень – «элементы», «частицы» и т.п.;
- 2. мезоуровень – предметы, явления и т.п.;
- 3. макроуровень – надпредметные и наиндивидуальные макроскопические объединения и комплексы.

# ПРЕДМЕТ КАК СИСТЕМА ТРЕБУЕТ ВЫЯВЛЕНИЯ:

- 1. ФЕНОМЕНА ЦЕЛОСТНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ЦЕЛОГО;
- 2. ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СОЕДИНЕНИЯ ЧАСТЕЙ В ЦЕЛОЕ;
- 3. ЗАКОНОВ ЕГО СТРУКТУРЫ И Т.П.

# ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ВКЛЮЧАЕТ:

- 1. многокачественность;
- 2. многомерность;
- 3. раскрытие феномена интеграции;
- 4. целостность и объединение частей в целое.

# ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ:

- 1. упорядоченность;
- 2. совокупность элементов;
- 3. целостность;
- 4. взаимодействие;
- 5. организованная сложность.

- **II. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ  
СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**



# ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМА

- *СИСТЕМА* (от греч. «systema» - целое, состоящее из частей, соединение) – это совокупность элементов, взаимосвязанных друг с другом, образующие определённую целостность, единство.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМЫ

- 1. *Элемент системы* – часть системы, имеющая определённое функциональное назначение.
- 2. *Организация системы* – внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия элементов системы.
- 3. *Структура системы* – совокупность внутренних устойчивых связей между

- элементами системы, определяющая её основные свойства.
- 4. *Целостность системы* – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств, составляющих её элементов, и в то же время зависимость свойств каждого элемента от его места и функций внутри системы.

# МАТЕРИАЛЬНЫЕ И АБСТРАКТНЫЕ СИСТЕМЫ

- 1. *Материальные системы* – представляют собой совокупности материальных объектов:
  - а) *неорганические* (механические, химические и т.п.);
  - б) *органические* (биологические);
  - в) *смешанные* (содержащие элементы как органической, так и неорганической природы).

- Особое место среди материальных занимают системы *социальные*, а также их подкласс – *социально-экономические* системы, связанные с общественными отношениями людей в процессе производства.
- 2. *Абстрактные системы* – являются продуктом человеческого мышления: знания, теории, гипотезы.

- Различают также системы:
- *а) статические* – состояние которых со временем остаётся постоянным;
- *б) динамические* – состояние которых со временем изменяется;
- *в) детерминированные* – состояние которых в данный момент времени полностью определяют их состояние в любой предшествующий или последующий моменты времени;

- *г) которых вероятностные (стохастические)* – состояние невозможно предсказать, как в детерминированных системах.
- **По характеру взаимодействия системы и внешней среды различают закрытые и открытые системы:**

- *а) закрытые* – изолированы от окружающей среды, все процессы, кроме энергетических, замыкаются только внутри самой системы;
- *б) открытые* – активно взаимодействуют с внешней средой, что позволяет им сохранять высокий уровень организованности и развиваться в сторону увеличения своей сложности.



# По сложности системы делятся на простые, сложные и большие:

- *а) простые* – состоят из небольшого числа элементов и не имеют разветвлённой структуры (нельзя выделить иерархические уровни);
- *б) сложные* – имеют разветвлённую структуру и значительное количество взаимосвязанных, взаимодействующих элементов (простых подсистем);

- *в) большие* – это сложные системы, имеющие ряд дополнительных признаков, а именно:
  - 1) наличие большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих элементов;
  - 2) сложность функции, выполняемой системой;

- 3) возможность разбиения системы на подсистемы, цели функционирования которых подчинены целям функционирования всей системы;
- 4) наличие управления, часто имеющего сложный, многоуровневый характер;
- 5) информационная замкнутость системы. Система управления

- вырабатывает решения на базе информации о текущем состоянии объекта управления;
- 6) разветвлённая информационная связь и сеть, интенсивные потоки информации;
- 7) наличие взаимодействия с внешней

- средой и функционирование в условиях воздействия случайных возмущений в самой системе;
- 8) участие в функционировании системы людей, машин и природной среды.

# УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ

- 1) *Управление* есть функция системы, обеспечивающая либо сохранение совокупности её основных свойств, либо её развитие в направлении определённой цели.
- Различают следующие формы управления:
- - *непосредственное управление* теми объектами и функциями, за которое отвечает аппарат управления;

- - *координированное управление*, объектами которого являются другие системы и вышестоящий орган;
- - *руководство* – это стратегическое управление, задающее смысл деятельности данной системы, производящей определённый конечный продукт. Аппарат управления является здесь наряду с внешними условиями

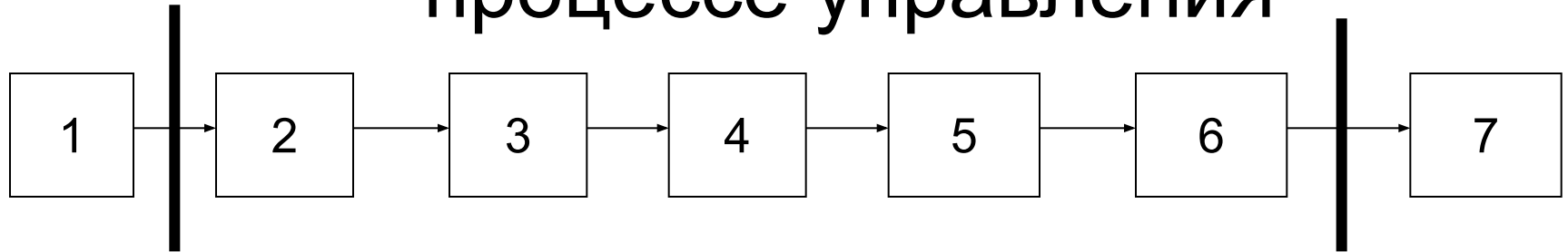
- и сферой потребления объектом управления вышестоящего органа.
- 2) С точки зрения управления любая организационная система состоит из управляемой (объект) и управляющей (субъект) частей, которые взаимодействуют между собой через информационные потоки.



- 3) *Оптимальное управление* – это управление, обеспечивающее экстремум целевой функции управления при заданных ограничениях.
- 4) *Целевая функция управления* – это некоторая количественно измеримая величина, являющаяся функцией входных, выходных переменных, а

- также параметров объектов управления и времени.
- 5) *Критерием* оптимального управления, показывающим степень достижения поставленной цели, является целевая функция управления.
- 6) Информация и управление не делимы. Нет информации – не может быть и речи об управлении.

# Последовательность информационных преобразований в процессе управления



1. Получение информации
2. Сбор и регистрация
3. Передача
4. Хранение
5. Обработка
6. Выдача обработанной (результативной) информации
7. Принятие решений, т.е. выработка управляющих воздействий

- б) Цель управления в системе может быть достигнута путём выполнения следующих функций руководства:
- а) *планирование* – определение цели управления и пути её достижения, определение плана действий, прогнозирование;
- б) *организация* – выбор и формирование структуры системы

- управления, определение соотношений между её элементами и их взаимодействия;
- *в) регулирование* – поддержание требуемого соответствия действительного и планового хода процесса производства;
- *г) контроль* – наблюдение и проверка

- соответствия действительного и планового хода процесса производства;
- *д) учёт* – подведение итогов выполнения планов или отдельных этапов его осуществления, оценка результатов управления;
- *е) анализ* – изучение данных о состоянии объектов и выявление причин отклонения от плана.

# Основные этапы применения системного анализа

- *Первый этап* – выявление проблемной ситуации, что и задаёт смысл создания системы.
- *Второй этап* – целевыявление. Целевое состояние понимается при этом как такое состояние среды, достижение которого ликвидирует проблемную ситуацию.

- *Третий этап* – выбор функции, т.е. действия, направленного на достижение цели.
- *Четвёртый этап* – проникновение внутрь «чёрного ящика», образующего систему, и выявление таких элементов и отношений между ними, которые обеспечивают целенаправленное функционирование системы.



# МЕТОД ДЕКОМПОЗИЦИИ

- *Метод декомпозиции* предназначен для последовательного разложения сложного на составные части до тех пор, пока это не приведёт к простым компонентам, т.е. не нуждающимся в дальнейшем разложении. При этом получают структуры иерархических списков (деревьев) целей и функций.

# ИЕРАРХИЧНОСТЬ КАК ОПРЕДЕЛЁННЫЙ ТИП СТРУКТУРЫ

- Иерархические структуры бывают *идеальные* и *неидеальные*.
- А) Идеальные характеризуются следующими признаками:
  - 1) *многоуровневостью* (стратифицированностью);
  - 2) *субординацией внутренних связей*:
- элементы данного уровня связаны

- только с элементами ближайшего верхнего и ближайшего нижнего уровней;
- 3) *ветвистостью*: элемент данного уровня связан только с одним элементом верхнего уровня и с несколькими элементами нижнего уровня;

- 4) *пирамидальностью*: на самом верхнем уровне имеется только один элемент;
- 5) *субординацией внешних связей*: элементы каждого уровня могут иметь связи с внешней средой, однако эти связи контролируются элементами ближайшего верхнего уровня;

- внешняя связь самого верхнего элемента контролируется извне системы.
- Б) Неидеальные характеризуются следующими признаками:
  - 1) элемент данного уровня связан только с одним элементом верхнего уровня (*иерархия с синекурой*);

- 2) элемент данного уровня связан более чем с одним элементом верхнего уровня (*иерархия с расщеплением*);
- 3) элемент данного уровня связан с элементом высших уровней, минуя ближайший верхний уровень (*дислокация в иерархии*);
- 4) на самом верхнем уровне имеется

- несколько элементов  
*(незавершённость иерархии)*;
- 5) элемент данного уровня связан непосредственно с элементами нескольких нижних уровней  
*(неоднородность иерархии)*;
- 6) элементы данного уровня связаны между собой *(внутриуровневая зависимость)*;

- 7) связи элементов данного уровня с внешней средой не контролируются верхним уровнем или контролируются элементами других уровней (*нарушение субординации внешних связей*).
- Перечисленные нарушения идеальности иерархии являются базисными.



- Разработка метода декомпозиции в процессе использования системного анализа основана на выполнении требований, которые сводятся к двум противоречивым принципам:
- - *полноты* – в процессе декомпозиции должно быть учтено всё, что касается рассматриваемой системы;

- - *простоты* – число элементов дерева должно быть минимальным при условии, что на тупиковых ветвях дерева должны быть расположены простые элементы.
- Противоречия «сглаживаются» за счёт следующих компромиссов:
- *Первый компромисс* достигается тем,

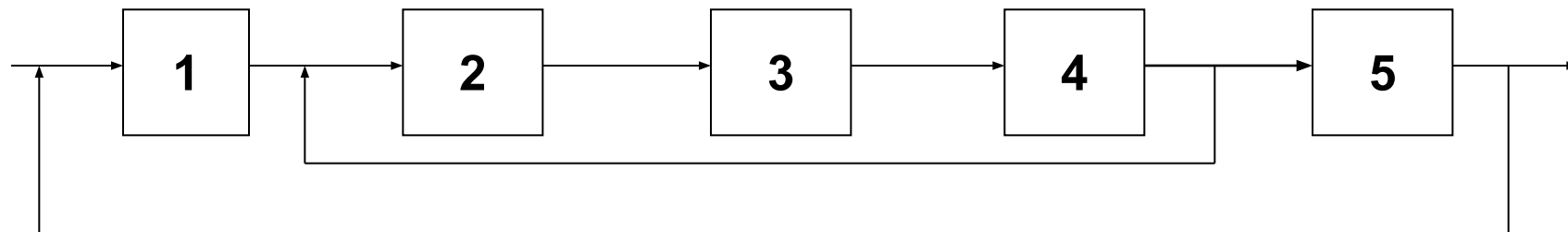
- что оба принципа «соглашаются» на конечность дерева.
- *Второй компромисс* заключается в том, чтобы рассматривать в самой полной, завершённой модели только те элементы, которые являются существенными с точки зрения цели декомпозиции.
- *Третий компромисс* основан на том,

- что для использования понятия элементарности как можно раньше следует модели упорядочить по возрастанию степени их детализации и начинать декомпозицию с самой простой из них.
- *Четвёртый компромисс* заключается в применении итерационных процедур

- (возвращение назад) в процессе декомпозиции к уже использованному ранее элементу модели и построение нового основания метода декомпозиции
- Изучение системы управления методом декомпозиции предусматривает, во-первых, научный подход к исследованию рассматриваемой

- системы;
- во-вторых, разработка и принятие решений, которые соответствовали бы поставленным подцелям в процессе анализа и описания системы управления.

# Технология научного подхода к исследованию изучаемых объектов



1. Постановка цели исследования
2. Описания и анализ объекта исследования
3. Конкретизация цели исследования
4. Анализ и оценка альтернатив
5. Выбор наиболее эффективного варианта решения проблемы

# Основные аспекты изучения процесса принятия решения

- 1. Результат:** Что должно быть сделано?  
Почему это должно быть сделано?  
Что ещё может быть сделано?  
Что следовало бы сделать?
- 2. Место:** Где это должно быть сделано?  
Почему это должно быть сделано здесь?  
Где ещё это может быть сделано?  
Где это следовало бы сделать?



**3. Время:** Когда это должно быть сделано?  
Почему это должно быть сделано в это время?  
Когда это может быть сделано?  
Когда это следовало сделать?

**4. Ресурсы:** Какие ресурсы необходимы для этого?  
Почему требуются эти ресурсы для этого?  
Какие ещё ресурсы могут быть использованы для этого?  
Какие ресурсы следовало бы использовать для этого?

**5. Метод:** Как это следует сделать?  
Почему это должно быть сделано именно так ?  
Как это можно сделать иначе?  
Как это следовало бы сделать?

**6. Обоснование:** Почему мы это делаем?

## 7. Назначения, Причины, Последствия:

Почему это следовало бы сделать?

## 8. Постепенное упрощение достигается постоянной постановкой следующих вопросов:

Как можно устранить, скомбинировать, стандартизировать, передать, модифицировать, упростить?

- **III. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРУПНОГО ГОРОДА**

- Транспортной системе крупного города присущи все признаки больших систем, именно поэтому при анализе и описании её организационной структуры необходимо использовать системный анализ.

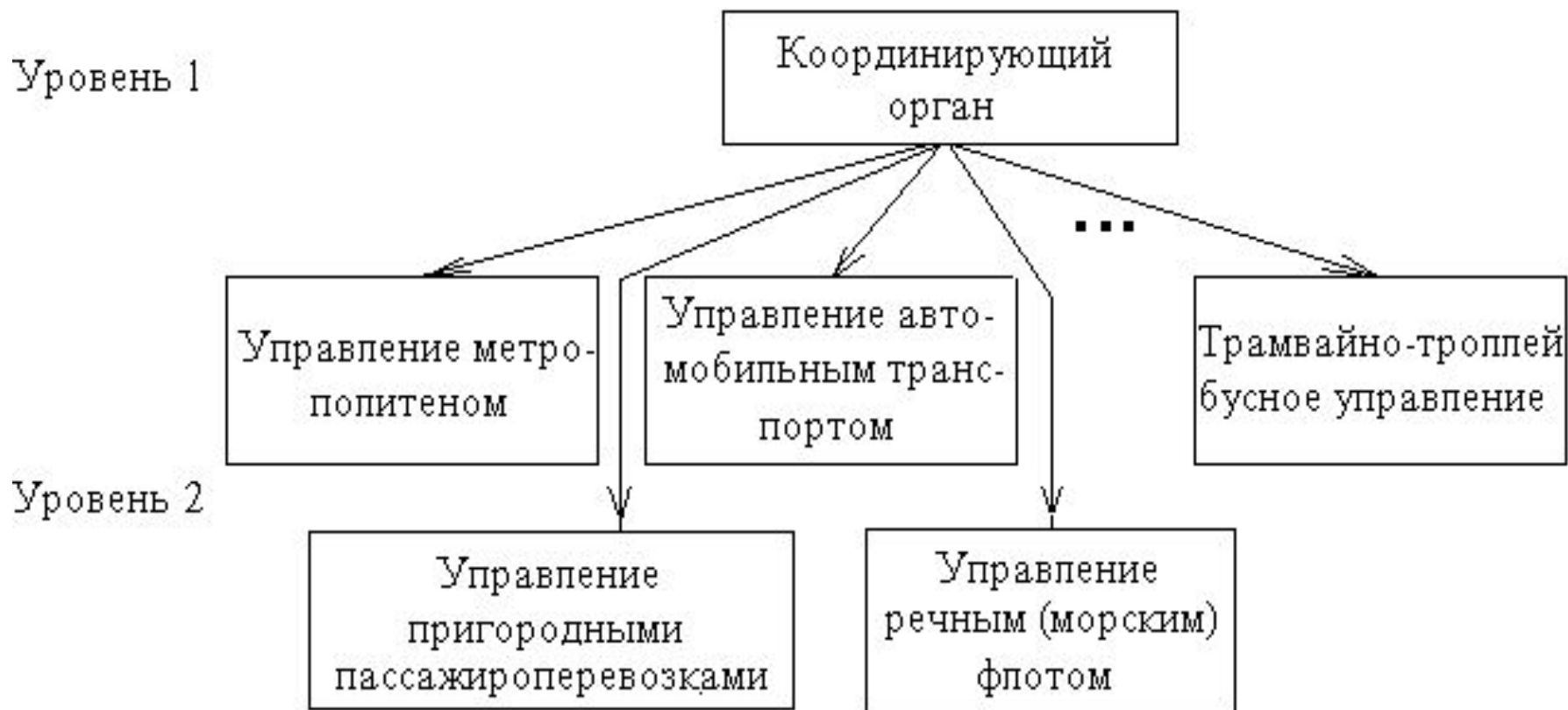
# Организационная структура управления транспортной системой города (трехуровневая)



# Организационная структура управления транспортной системой крупного города (четырёхуровневая)



# Двухуровневая служебная иерархия в системе управления крупного города



# Математическая формализация описания задачи координации

## Состояние $i$ -го Транспортного управления

- 1)  $x_i \in X_i \subset E^{n_i} \quad i \in [1, N]$
- 2)  $F_i(x_i) = (f_{i1}(x_i), \dots, f_{im_i}(x_i))$   
 $\Phi_i(x_i) = (\varphi_{i1}(x_i), \dots, \varphi_{ik_i}(x_i)) \quad k \in [1, K_i]$

## Состояние координирующего органа

- 3)  $F_0 = (F_1, \dots, F_N)$  , где  $F_i = F_i(x_i)$   
 $F_0 \in X_0 \subset E^{m_0}$
- 4)  $X_0 = \langle F_0 \mid H(F_0) \geq \mathbf{b} \rangle \quad m_0 = \sum_{i=1}^N m_i$
- 5)  $\Phi_0(F_0) = (\varphi_{01}(F_0), \dots, \varphi_{0k_0}(F_0)) \rightarrow \max$   
 $\Phi_0(F_0) = (\varphi_{01}(F_0), \dots, \varphi_{0k_0}(F_0)) \rightarrow \max$
- 6)  $\bar{H}_0(\Phi_0(F_0)) = H_0(F_0) \rightarrow \max$



# Последовательность определения оптимального решения задачи координации

**I этап:**  $\Phi_i(x_i) = (\varphi_{i1}(x_i), \dots, \varphi_{ik_i}(x_i)) \rightarrow \max$   
 $x_i \in X_i$

**II этап:**  $H_0(F_1, \dots, F_N) \rightarrow \max$   
 $H(F_1, \dots, F_N) \geq b$   
 $F^* = (F_1^*, \dots, F_N^*)$

**III этап:**  $F_i(x_i) = F_i^* \quad x_i \in X_i$   
 $x_i^* \in X_i$

# Таблица показателей информационного обеспечения задачи координации

Задачи	Информация	Методы обследования	Стоимость На 100 чел.(руб.)
<p>Корректировка маршрута;  Взаимодействие различных видов ГПТ;  Виды ГПТ и его количественный состав;  Экспрессные и укороченные рейсы;  Выпуск ТС и интервалы движения;  Расписания и графики движения и др.</p>	<p>Корреспонденции пассажиропотоков;  Распределение пассажиропотоков по маршрутам;  Пассажирооборот ОП;  Средняя дальность поездки пассажира;  Наполнение ТС;  Объем перевозок и др.</p>	<p>Талонный  Анкетный  Табличный  Визуальный (глазомерный)  Отчетно-статистический  (билетный).</p>	<p>20 – 60  5 – 10  1,5 – 2,0  0,7 – 1,2</p>

# Матрица элементов маршрутных корреспонденций пассажиропотоков

Номера ОП входа	Номера ОП выхода							Вошло в ТС
	1	2	3	4	5	...	N	
1	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	...	$x_{1n}$	$a_1$
2		$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	...	$x_{2n}$	$a_2$
3			$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$	...	$x_{3n}$	$a_3$
4				$x_{44}$	$x_{45}$	...	$x_{4n}$	$a_4$
5					$x_{55}$	...	$x_{5n}$	$a_5$
.						...	.	.
.						...	.	.
.						...	.	.
N							$x_{rn}$	$a_n$
ВЫШЛО	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	...	$b_n$	

## **Примечание:**

$n$  – число ОП на маршруте;

$a_i$  – число пассажиров, вошедших в ТС на  $i$ -м ОП;

$b_j$  – число пассажиров, вышедших из ТС на  $j$ -м ОП;

$X_{ij}$  – число корреспондирующих пассажиров  
от  $i$ -го до  $j$ -го ОП,  $i \leq j$ .

# Математическая формулировка задачи расчетного определения элементов МКП

$$\sum_{j=i}^n x_{ij} = a_i \quad 1 \leq i \leq n$$

$$\sum_{i=1}^i x_{ij} = b_j \quad 1 \leq j \leq n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i \leq j \quad 1 \leq i \leq n \quad 1 \leq j \leq n$$

Причем  $a_i$  и  $b_j$  удовлетворяют условию

$$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j x_{ij} = \sum_{j=1}^n b_j$$

# Обобщение математических моделей первого класса

$$x_{ij} = p_{ij} a_i$$

причем  $\sum_{j=i+1}^n p_{ij} = 1$  для любого  $1 \leq i < n$  и  $i < j \leq n$

$$x_{i,i+1}, x_{i,i+2}, \dots, x_{i,n}$$

$$\Theta = \prod_{j=i+1}^n (p_{ij}^{x_{ij}} / x_{ij}!)$$

$$\ln x_{ij}! \approx x_{ij} \ln(x_{ij} / e)$$

$$\ln \Theta \approx \sum_{j=i+1}^n x_{ij} \ln(p_{ij}e / x_{ij})$$

$$\sum_{j=i+1}^n x_{ij} \ln(p_{ij}e / x_{ij}) \rightarrow \max$$

(или  $-\sum_{j=i+1}^n x_{ij} \ln(x_{ij} / p_{ij}e) \rightarrow \min$ ).

# Обобщение математических моделей второго класса

$$x_{ij} = q_{ij} b_j$$

Причем  $\sum_{i=1}^{j-1} q_{ij} = 1$  для любого  $1 < j \leq n$  и  $1 \leq i < j$

$$x_{1,j}, x_{2,j}, \dots, x_{j-1,j}$$

$$p_{b_j}(\lambda_{ij}) = \frac{C_{a_{ij}}^{\lambda_{ij}} C_{Q_{j-1}-a_{ij}}^{b_j - \lambda_{ij}}}{C_{Q_{j-1}}^{b_j}}$$

где  $\max [0, (a_{ij} + b_j - Q_{j-1})] \leq \lambda_{ij} \leq [a_{ij}, b_j]$

$$x_{ij} = \arg \max_{\lambda_{ij}} p_{b_j}(\lambda_{ij})$$



Математическая модель определения  
элементов маршрутных корреспонденций  
пассажиропотоков на маршруте

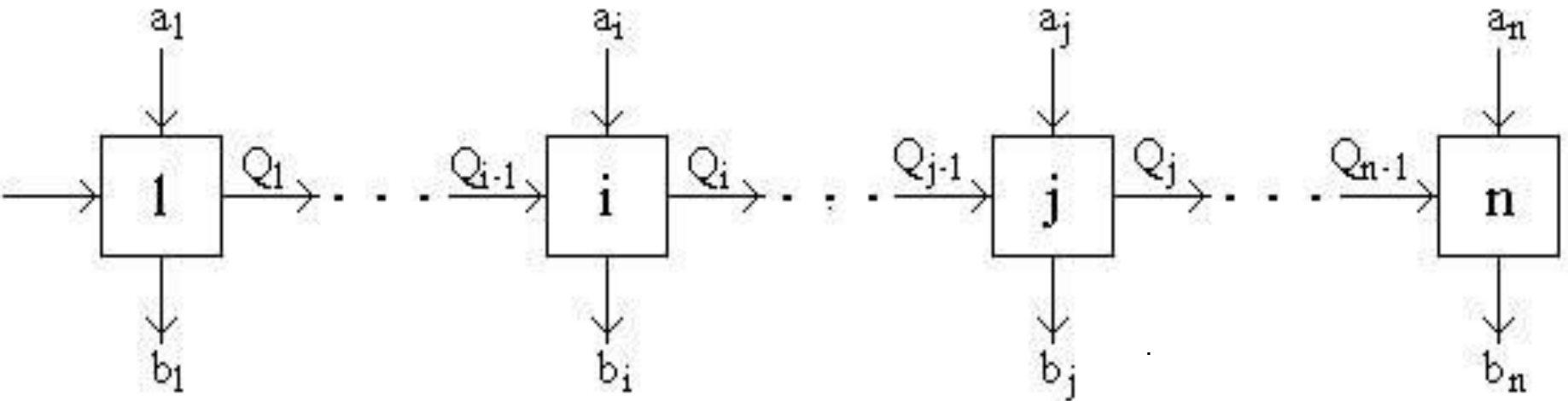
$$p_{b_j}(x_{ij} - 1) / p_{b_j}(x_{ij}) \leq 1$$

и

$$p_{b_j}(x_{ij}) / p_{b_j}(x_{ij} + 1) \geq 1$$

$$x_{ij} = \frac{a_{ij} b_j}{Q_{j-1}}$$

# Схема перевозочного процесса на маршруте городского пассажирского транспорта



$$a_{ij} = a_i - \sum_{r=i+1}^{j-1} x_{ir}$$

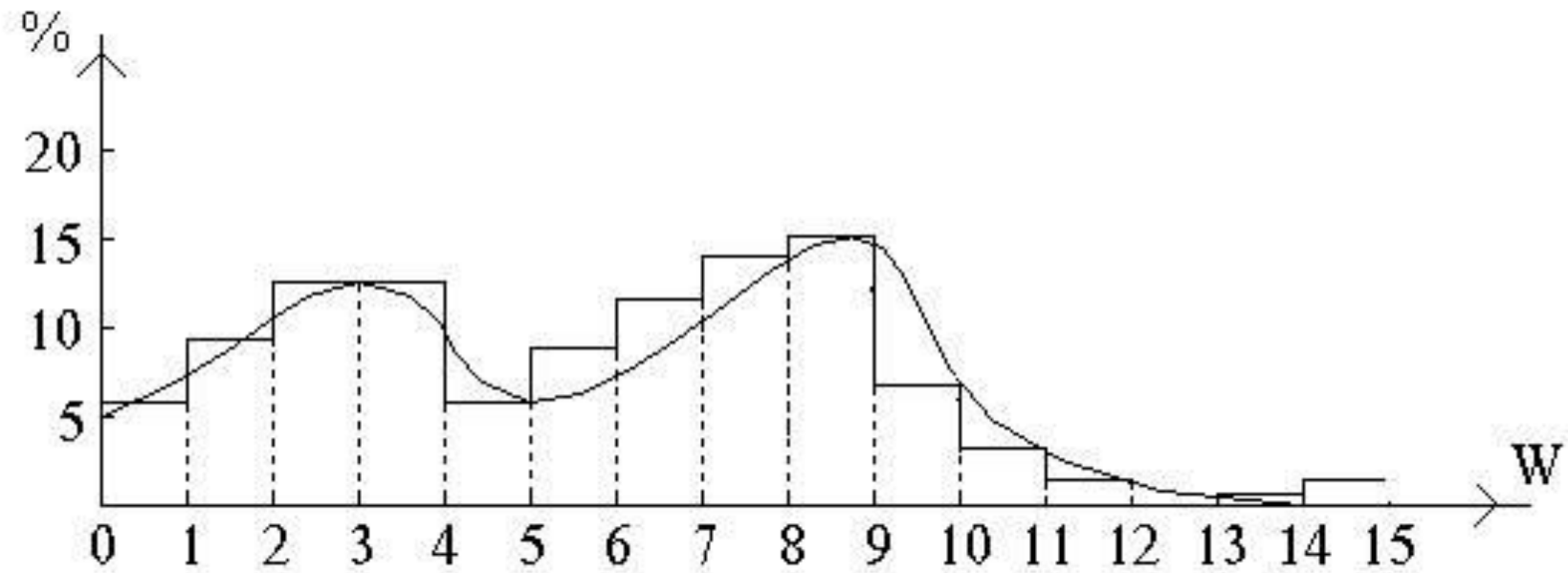
причем для  $j=i+1$   $a_{ij} = a_i$

$$Q_j = (Q_{j-1} - b_j) + a_j = \sum_{r=1}^j (a_r - b_r)$$

# Распределение оценок сравнения талонного и расчетного методов определения элементов МКП по интервалам

Интервал	Частота	
	абсолютная	относительная, %
0 – 1	12	5,7
1 – 2	15	7,1
2 – 3	25	11,8
3 – 4	24	11,4
4 – 5	12	5,7
5 – 6	15	7,1
6 – 7	21	9,9
7 – 8	26	12,3
8 – 9	35	16,6
9 – 10	13	6,2
10 – 11	5	2,3
11 – 12	4	1,9
12 – 13	0	0,0
13 – 14	1	0,6
Свыше 14	3	1,4
Итого:	211	100,0

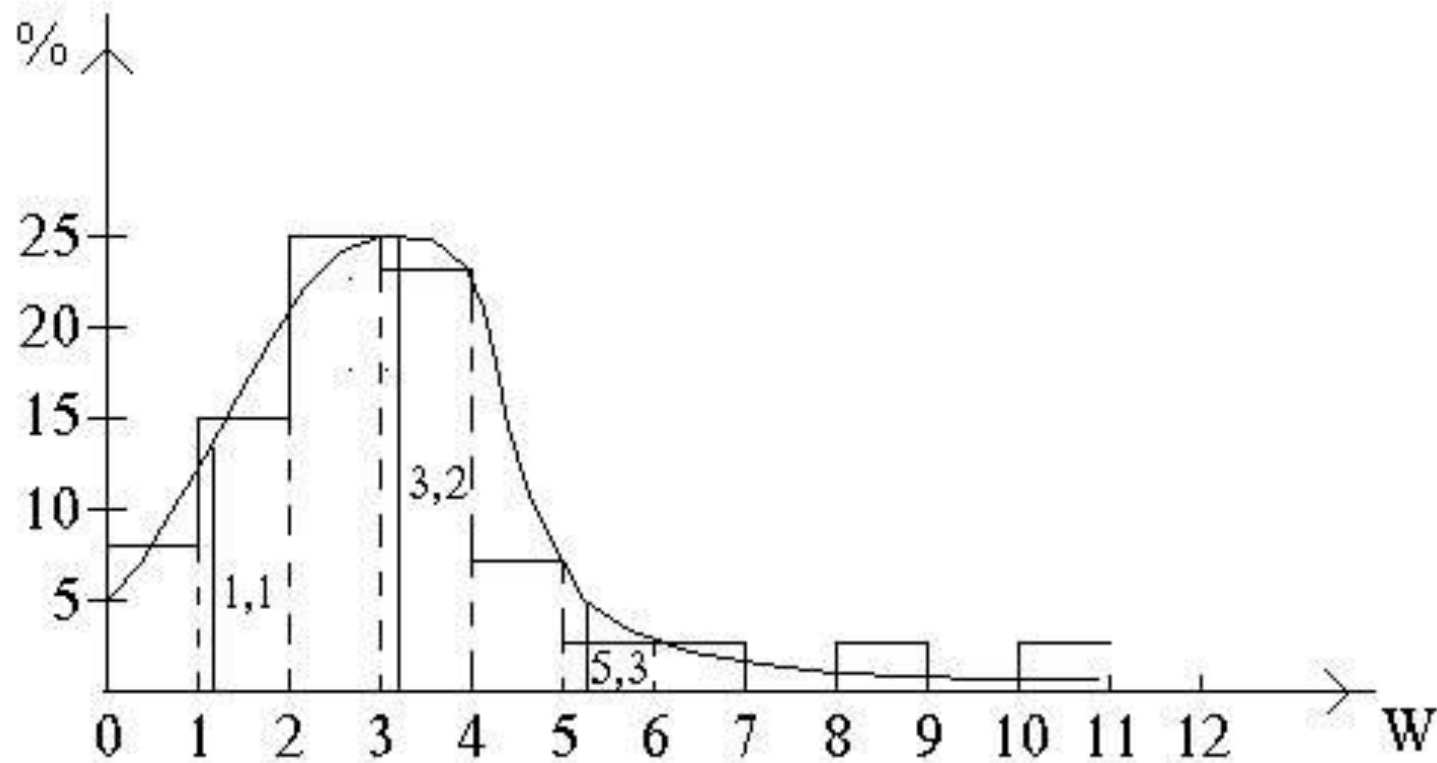
# Распределение частот



# Распределение оценок сравнения талонного и расчетного методов определения рейсовых элементов МКП по интервалам

Интервал	Частота	
	абсолютная	относительная, %
0 – 1	5	8,8
1 – 2	9	15,8
2 – 3	16	28,1
3 – 4	14	24,6
4 – 5	4	7,0
5 – 6	2	3,5
6 – 7	2	3,5
7 – 8	1	1,7
8 – 9	2	3,5
9 – 10	0	0,0
Свыше 10	2	3,5
<b>Итого:</b>	<b>57</b>	<b>100,0</b>

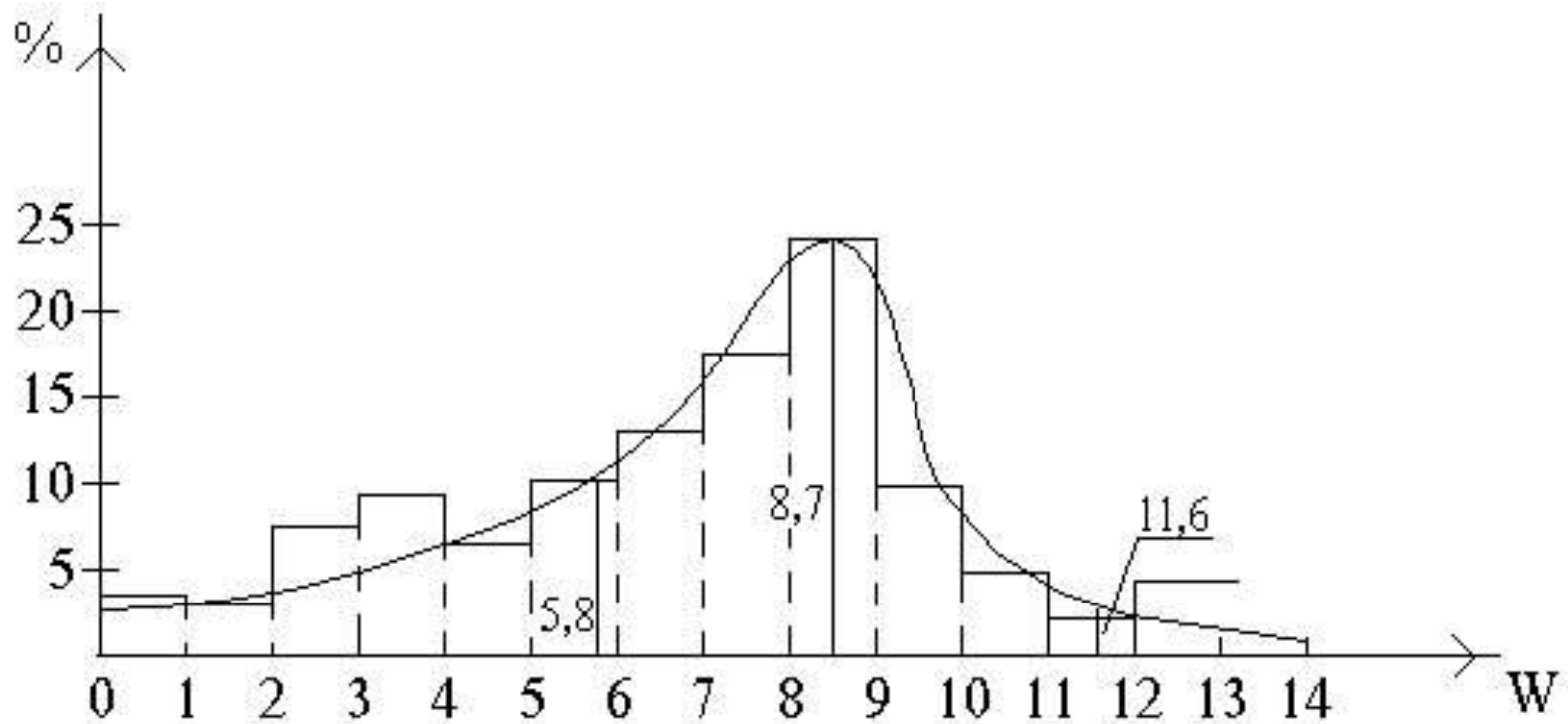
# Распределение частот



# Распределение оценок сравнения талонного и расчетного методов определения часовых элементов МКП по интервалам

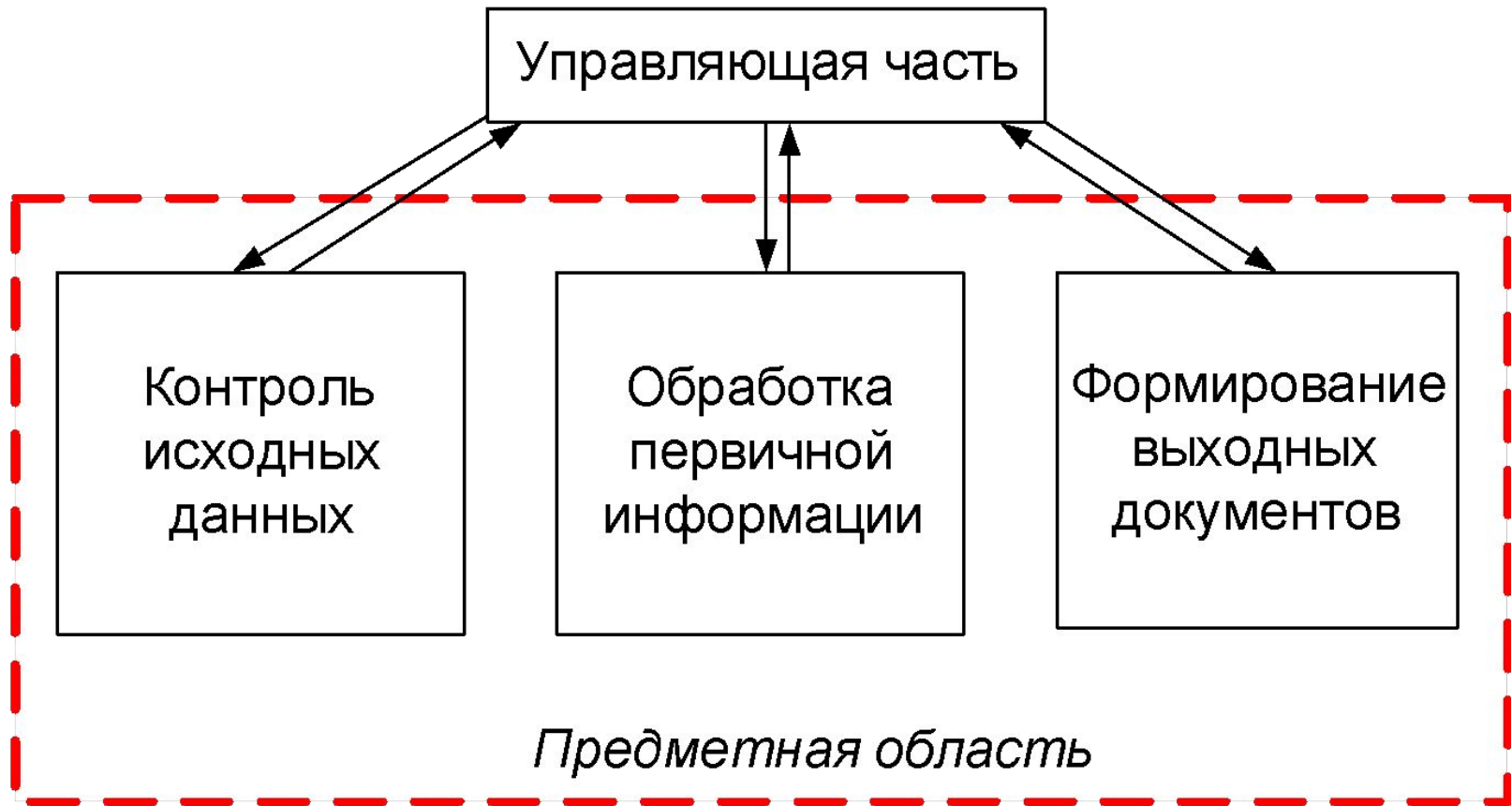
Интервал	Частота	
	Абсолютная	относительная, %
0 – 1	7	4,5
1 – 2	6	3,9
2 – 3	9	5,8
3 – 4	10	6,5
4 – 5	8	5,2
5 – 6	13	8,4
6 – 7	19	12,3
7 – 8	25	16,3
8 – 9	34	22,2
9 – 10	11	7,1
10 – 11	5	3,2
11 – 12	3	1,9
Свыше 12	4	2,7
Итого:	154	100,0

# Распределение частот

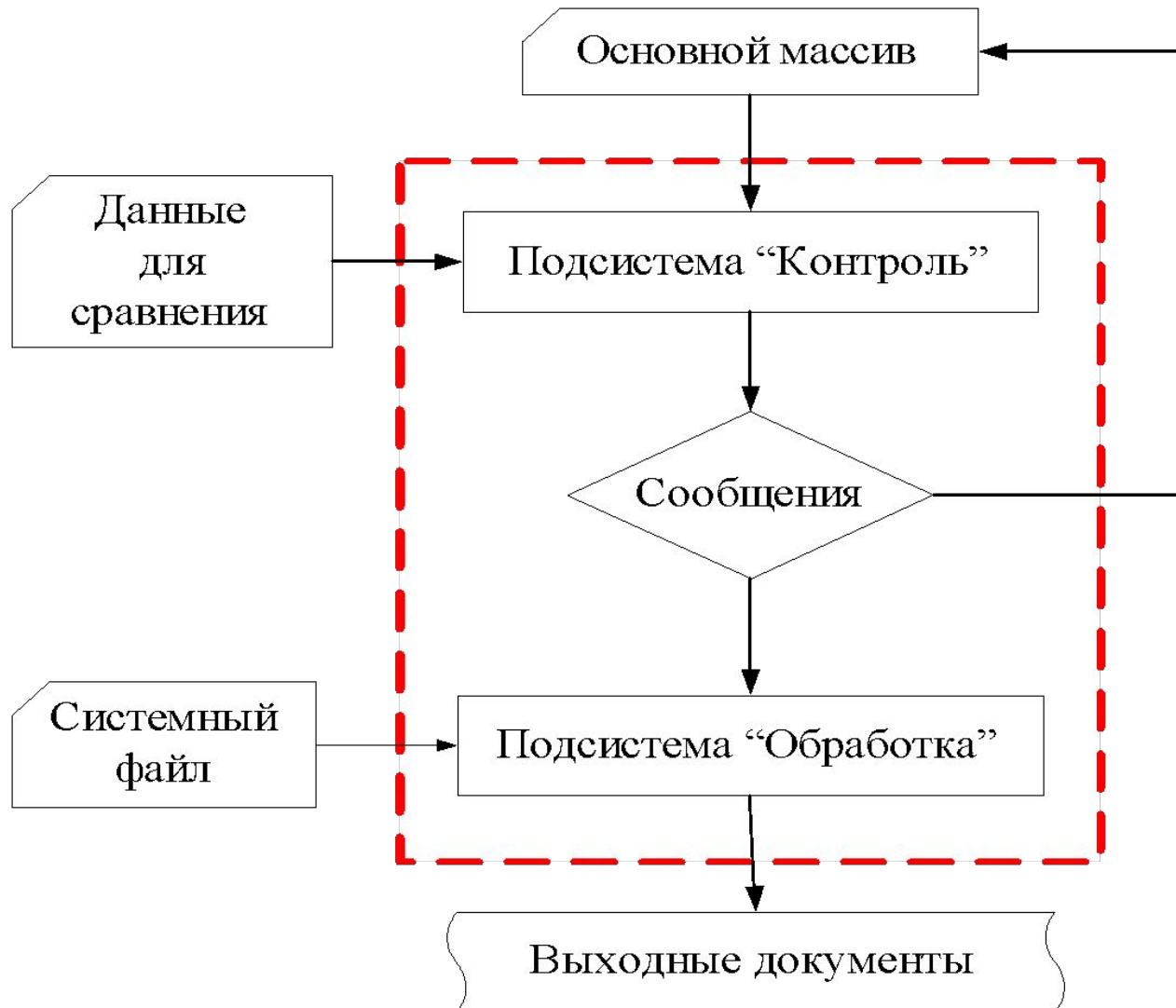




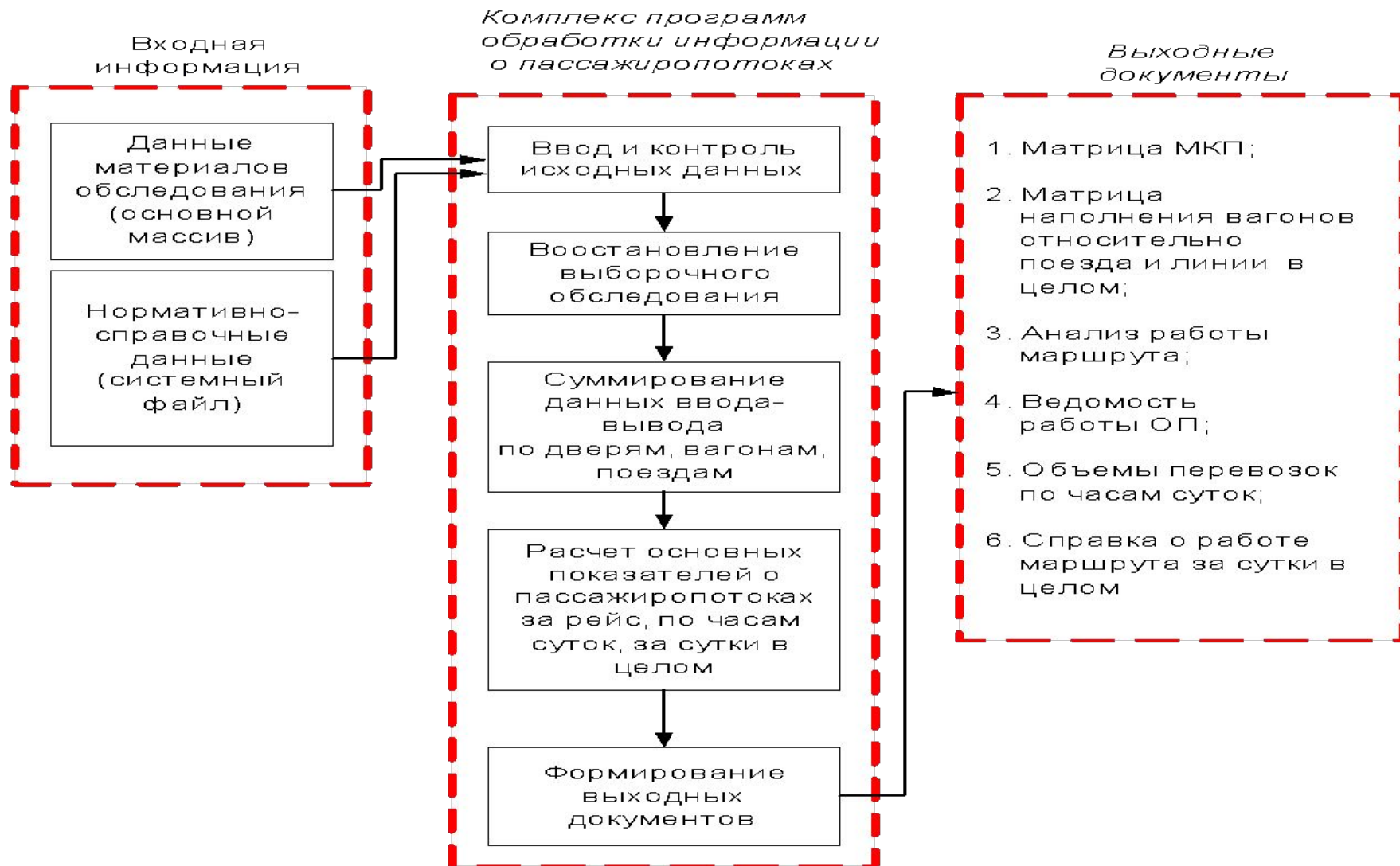
# Структура автоматизации обработки данных



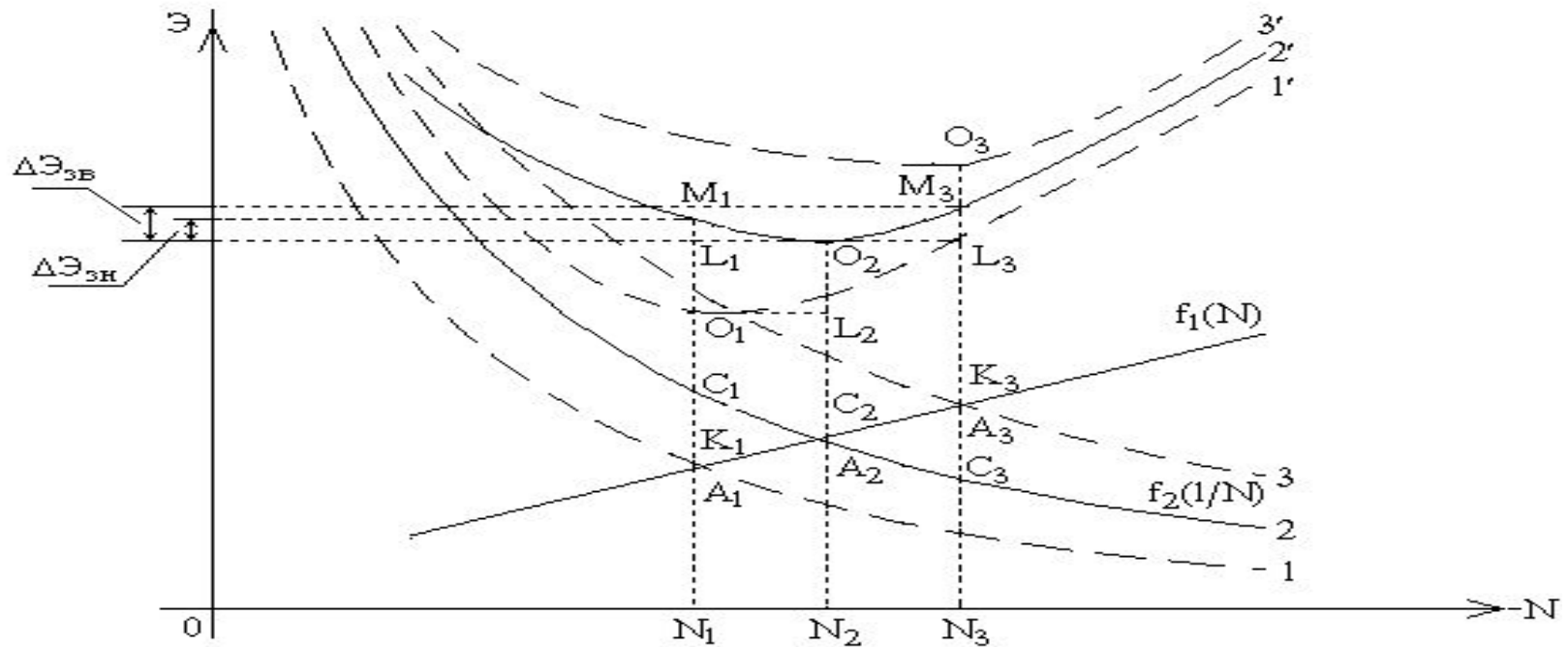
# Структура программного обеспечения автоматизированной системы обработки данных



# Структура реализованного варианта автоматизированной системы обработки данных



# График затрат по организации пассажирских перевозок на маршруте



$$\mathcal{E} = \Delta \mathcal{E} A = (\Delta \mathcal{E}_1 + \Delta \mathcal{E}_2) A$$

$$\text{где } \Delta \mathcal{E}_1 = 3'_1 - 3''_1$$

$$\Delta \mathcal{E}_2 = 3'_2 - 3''_2 = \dot{Y}_i N_e \left( \frac{(1 - \sqrt{W})^2}{W} \right)$$