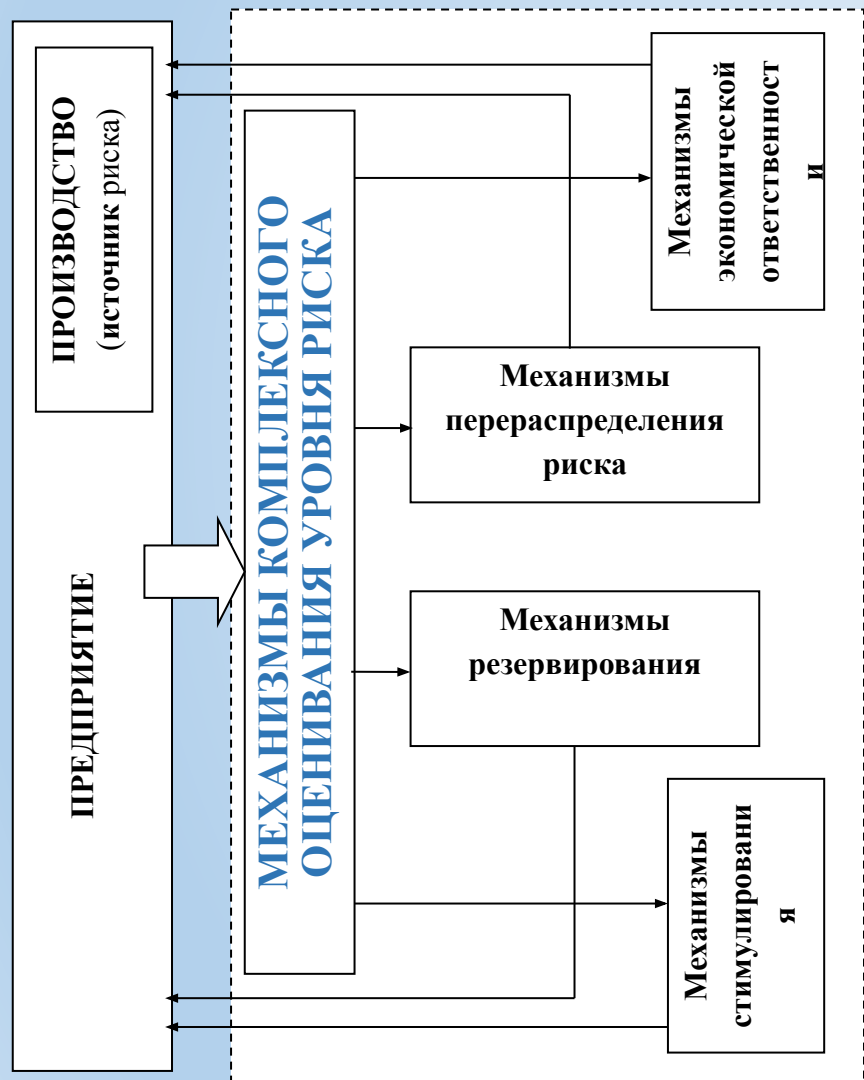


# **Комплексная оценка уровня риска**

# Основные механизмы управления риском



*Механизмы экономической ответственности:*

- Механизм экспертизы;
- Механизм возмещения ущерба;
- Механизм платы за риск;
- Механизм аудита.

*Механизмы стимулирования снижения уровня риска:*

- Механизм финансирования снижения уровня риска;
- Механизм компенсации затрат;
- Механизм снижения ожидаемого ущерба.
- Механизм экономической мотивации;
- Механизм согласования интересов.

*Механизмы перераспределения рисков:*

- Механизм страхования;
- Механизм экономической мотивации;
- Механизм оптимизации программ снижения уровня риска.

*Механизмы резервирования:*

- Механизм образования резервов трудовых ресурсов;
- Механизмы образования резервов материальных ресурсов;
- Механизм быстрой организации производства.
- *Механизмы резервирования:*

*И другие механизмы...*

# Примеры механизмов

- *Механизмы экономической ответственности* – строятся на соблюдении стандартов и норм, отклонение от которых ведет к штрафам вплоть до прекращения производственного процесса.
- *Механизмы стимулирования снижения уровня риска* – вместо штрафов используется мотивация в виде компенсаций и премий.
- *Механизм честной игры* – стимулирует сообщение Агентом Центру достоверной информации.
- *Механизм финансирования снижения уровня риска* – основа механизма заключается в распределении денежных средств между структурными подразделениями организации;
- *Механизм согласования интересов* – назначение Центром плана (например, по снижению рисков), который Агентам выгоден, или который выгодно выполнять.
- *Механизмы перераспределения рисков* – механизмы направленные на страхование, т.е. на передачу части рисков другому лицу: страховой компании, поставщику, контрагенту.

- *Механизмы резервирования* – на случай чрезвычайных ситуаций для уменьшения потерь создаются резервы материальных, трудовых, финансовых и т.д. ресурсов.
- *Механизм встречных планов* – подразделение само предлагает план. Путем настройки штрафов Центр может обеспечить необходимый уровень надежности плана.
- *Механизм опережающего самоконтроля* – чем раньше Агент сообщает о корректировке плана, тем меньше его штраф за это.
- *Механизм оптимизации программ снижения уровня риска.*
- *Механизм комплексного оценивания (КО).*

*Для применения механизма КО необходимо решить две задачи:*

1. *Построить дерево свертки отдельных показателей в КО.*
2. *Обеспечить сообщение достоверной информации, поскольку чаще всего задача решается Центром на основе информации, полученной от Агентов.*

# Этапы применения механизма комплексного оценивания

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАБОРА ЛОКАЛЬНЫХ РИСКОВ

2. РАЗБИТИЕ РИСКОВ НА ДВЕ ПОДГРУППЫ – «ИЗМЕРИМЫЕ» И «НЕИЗМЕРИМЫЕ»

3. ФОРМИРОВАНИЕ БАЛЬНОЙ ШКАЛЫ ОЦЕНОК

4. ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ РИСКОВ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ

5. ФОРМИРОВАНИЕ ШКАЛЫ ПЕРЕСЧЕТА ДЛЯ РИСКОВ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ

6. РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА ИЗ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ

7. ПЕРЕСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ БАЛЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ РИСКА

8. ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНЫХ РИСКОВ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ (например, среднее арифметическое)

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОК «НЕИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ РИСКОВ (ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА)

10. СВЕРТКА ОЦЕНОК ПАРЫ ЛОКАЛЬНЫХ РИСКОВ, И ПОСТРОЕНИЕ БИНАРНОЙ СТРУКТУРЫ СВЕРТКИ

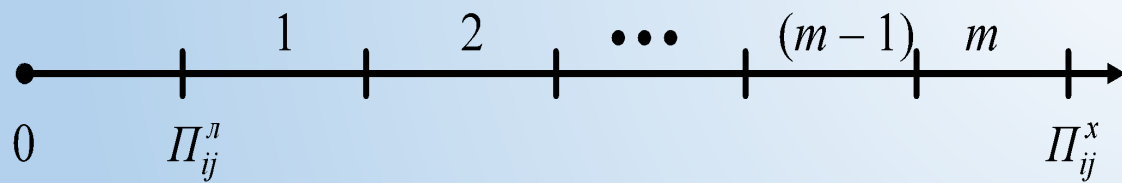
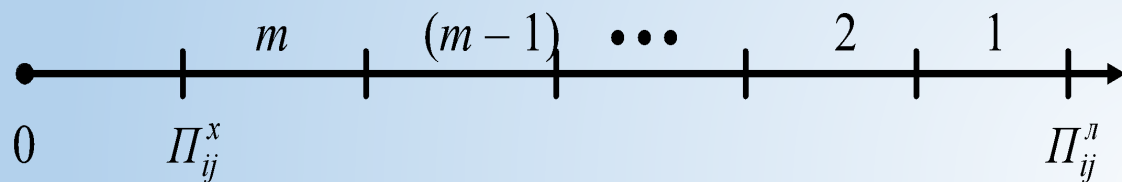
11. ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ЛОГИЧЕСКОЙ СВЕРТКИ

12. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА



# Определение оценки для измеряемых рисков

## Шкалы для пересчета значения показателя в баллы



$m$  – количество баллов шкалы оценки

$\Pi_{ij}^l$  – наилучшее значение

$\Pi_{ij}^x$  – худшее значение

показателя

Пусть  $b_{ij}$  - данные, которые характеризуют локальные измеряемые риски. Риски пронумерованы от 1 до  $i$ , Показатели, характеризующие риски – от 1 до  $j$ .

С помощью шкал пересчета переводим значения  $b_{ij}$  в баллы.

Балльная оценка риска рассчитывается как среднее арифметическое оценок  $b_{ij}$ , характеризующих этот риск.

Таким образом получаем балльные оценки для измеряемых рисков (очевидно, что они

# Этапы построения КО при экспертной оценке

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАБОРА ЛОКАЛЬНЫХ РИСКОВ

2. РАЗБИТИЕ РИСКОВ НА ДВЕ ПОДГРУППЫ – «ИЗМЕРИМЫЕ» И «НЕИЗМЕРИМЫЕ»

3. ФОРМИРОВАНИЕ БАЛЬНОЙ ШКАЛЫ ОЦЕНОК

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОК «НЕИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ РИСКОВ

5. ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ РИСКОВ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ

6. ФОРМИРОВАНИЕ ШКАЛЫ ПЕРЕСЧЕТА ДЛЯ РИСКОВ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ

7. РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА ИЗ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ

8. ПЕРЕСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ БАЛЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ РИСКА

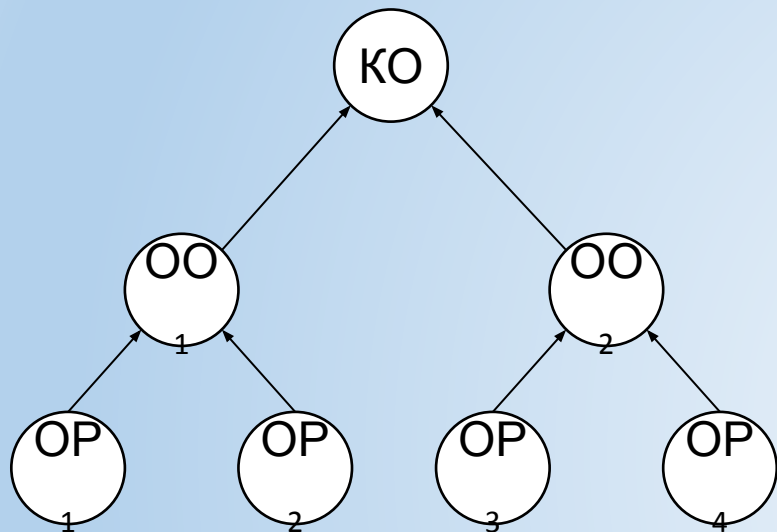
9. ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНЫХ РИСКОВ «ИЗМЕРИМОЙ» ПОДГРУППЫ

10. СВЕРТКА ОЦЕНОК ПАРЫ ЛОКАЛЬНЫХ РИСКОВ, И ПОСТРОЕНИЕ БИНАРНОЙ СТРУКТУРЫ СВЕРТКИ

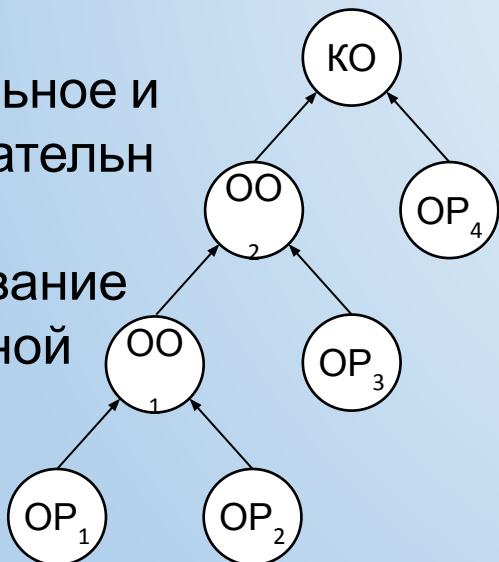
11. ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ЛОГИЧЕСКОЙ СВЕРТКИ

12. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА

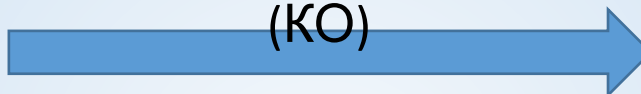
# Формирование комплексной оценки



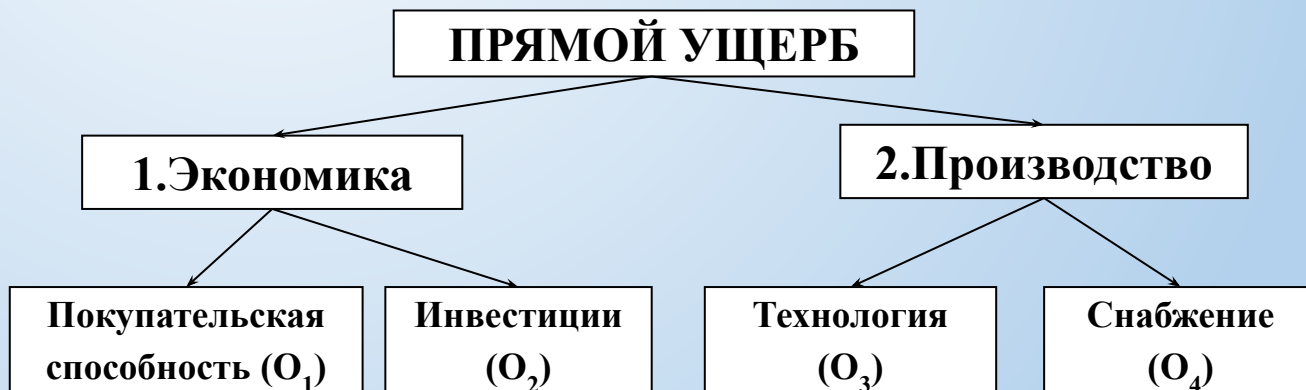
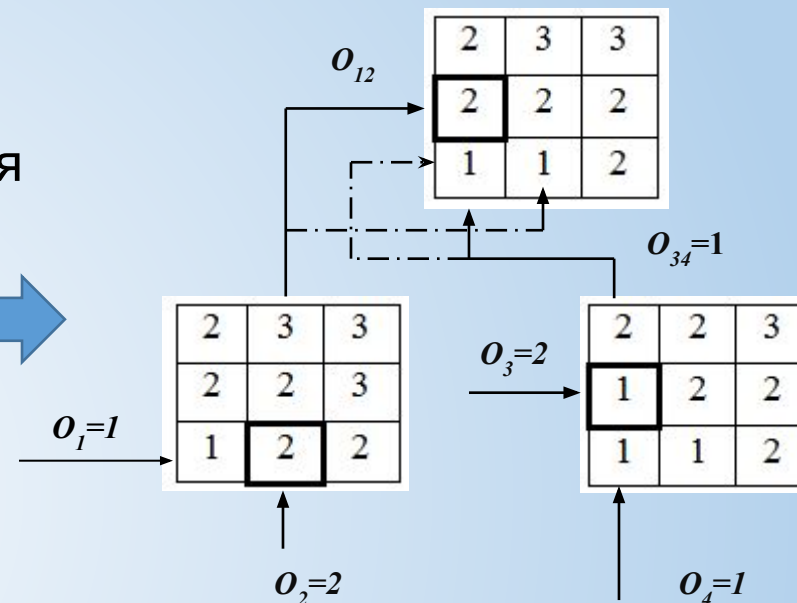
Параллельное и последовательное формирование комплексной оценки



Пример формирования комплексной оценки (КО)

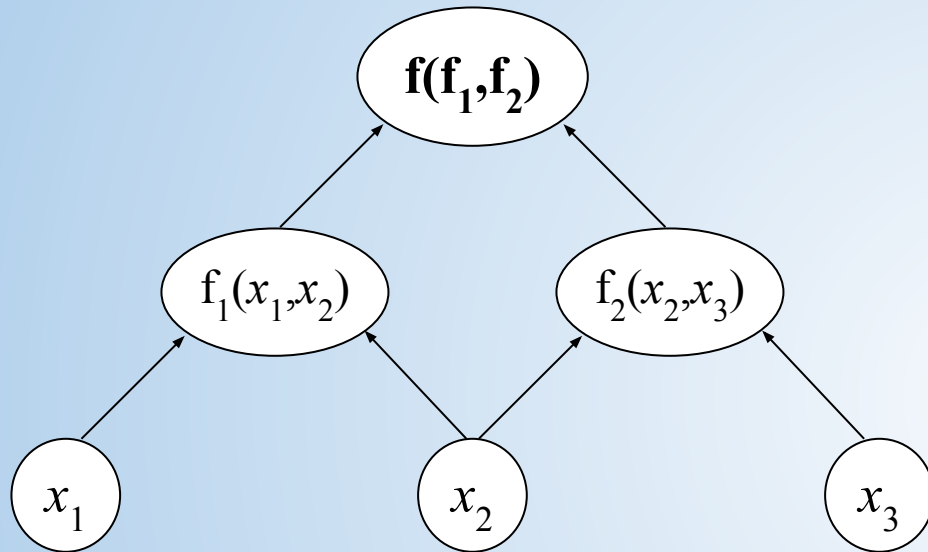


Шкала ущерба от 1 до 3:  
 1 - незначительный;  
 2 - ощутимый;  
 3 - существенный.



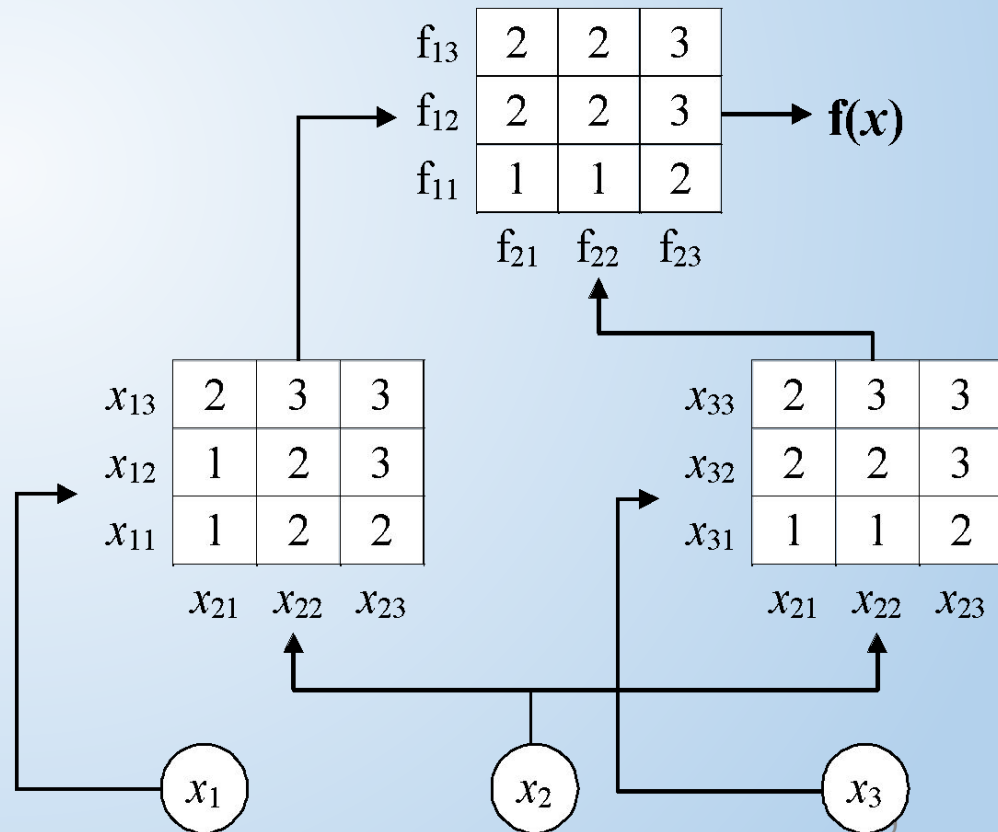


# Пример формирования КО для программы снижения уровня риска



$x_2$  – мероприятия,  
снижающие риск сразу  
по двум направлениям –  
 $f_1$  и  $f_2$ .

## Матричное представление



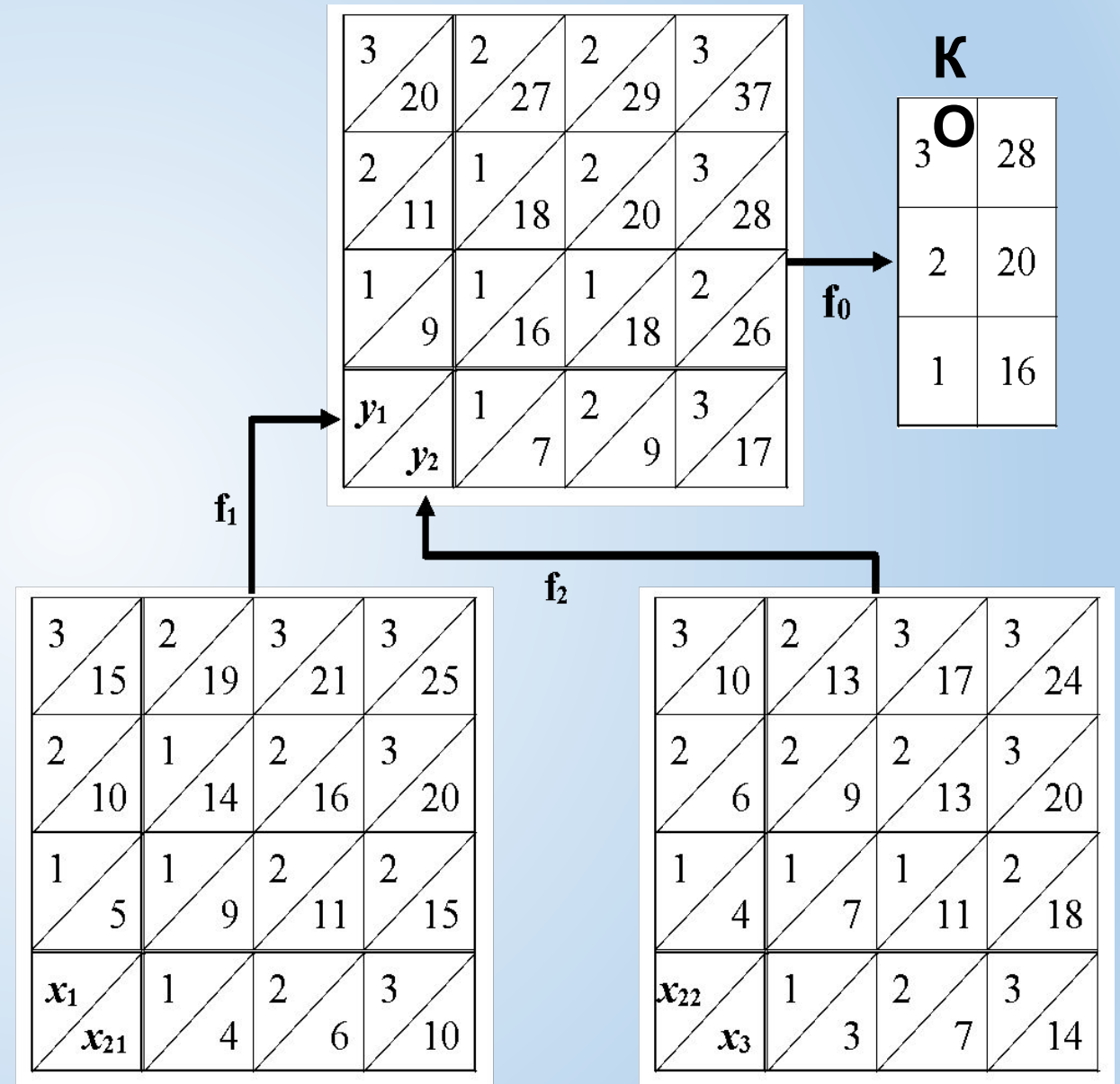
# Программа снижения риска с минимальными затратами

Рассмотрим решение задачи для приведенной выше сети.

В верхних половинах клеток трех матриц содержатся оценки риска (по направлениям, объединённые и комплексная), в нижних половинах – затраты на достижение этих оценок или «удержание» соответствующего уровня.

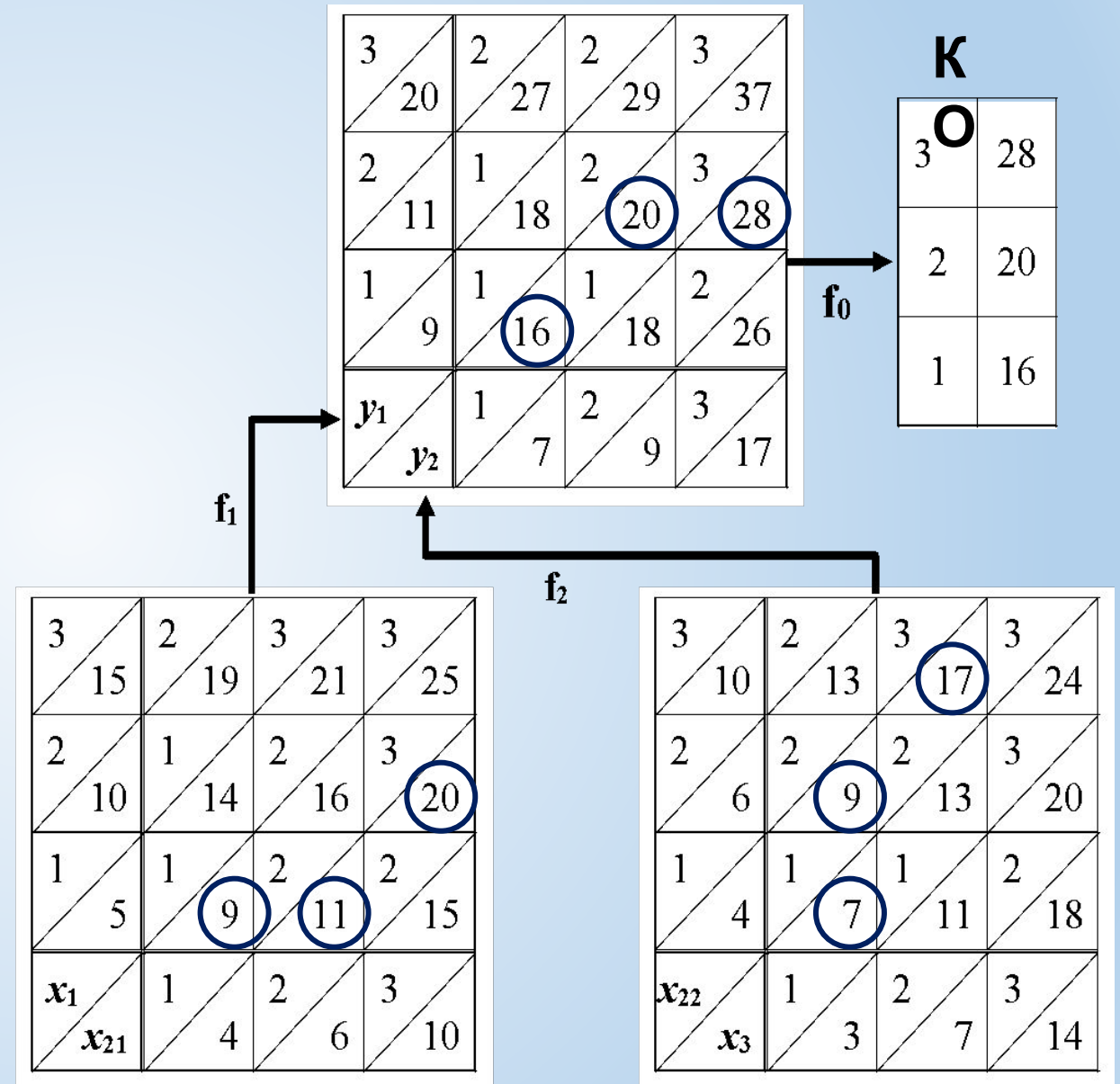
## Шкала:

- 1 – высокий риск;
- 2 – средний риск;
- 3 – низкий риск.



# Программа снижения риска с минимальными затратами

В каждой матрице выделены клетки, соответствующие минимальным затратам на получение того или иного уровня риска (по направлениям или объединённого). В таблице «КО» приведены минимальные значения затрат для достижения (или удержания) комплексной оценки риска на соответствующем уровне.



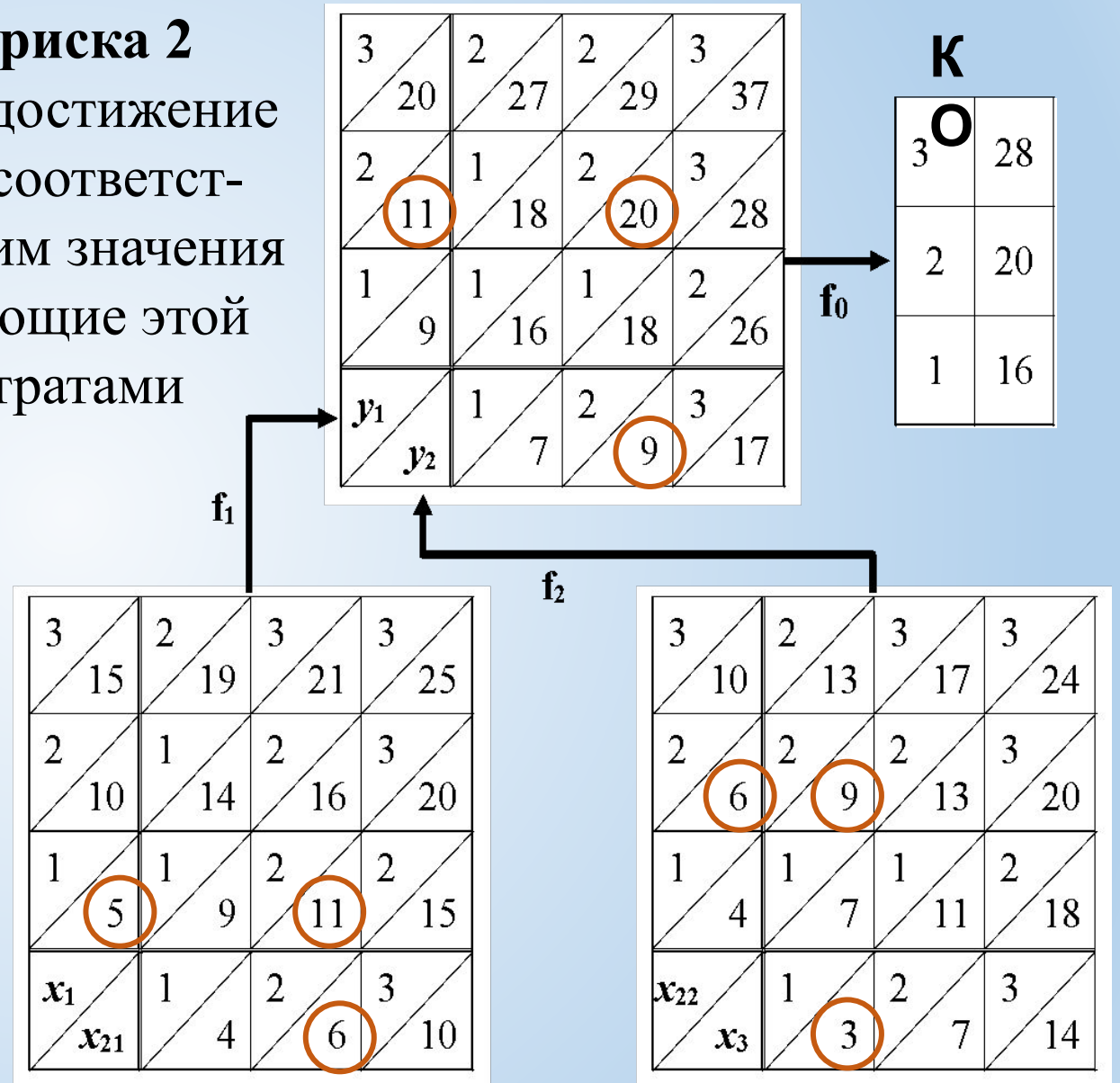
# Поиск конкретного решения методом обратного хода

Пусть требуемая комплексная оценка риска **2** (средний). Минимальные затраты на ее достижение равны 20. Находим в матрице  $f_0$  клетку, соответствующую этой оценке и затратам. Смотрим значения объединенных показателей, соответствующие этой КО. Это  $y_1 = 2$  с затратами **11** и  $y_2 = 2$  с затратами **9**. Найдя эти значения в матрицах  $f_1$  и  $f_2$ , аналогичным образом находим оптимальное решение:

$$x_1 = 1, x_{21} = x_{22} = 2, x_3 = 1.$$

Поскольку  $x_{21} = x_{22}$ , решение является допустимым.

( $x_2$  (затраты на соответствующие мероприятия) делится на 2 части, если соответствующие меры снижают риск сразу по нескольким направлениям)





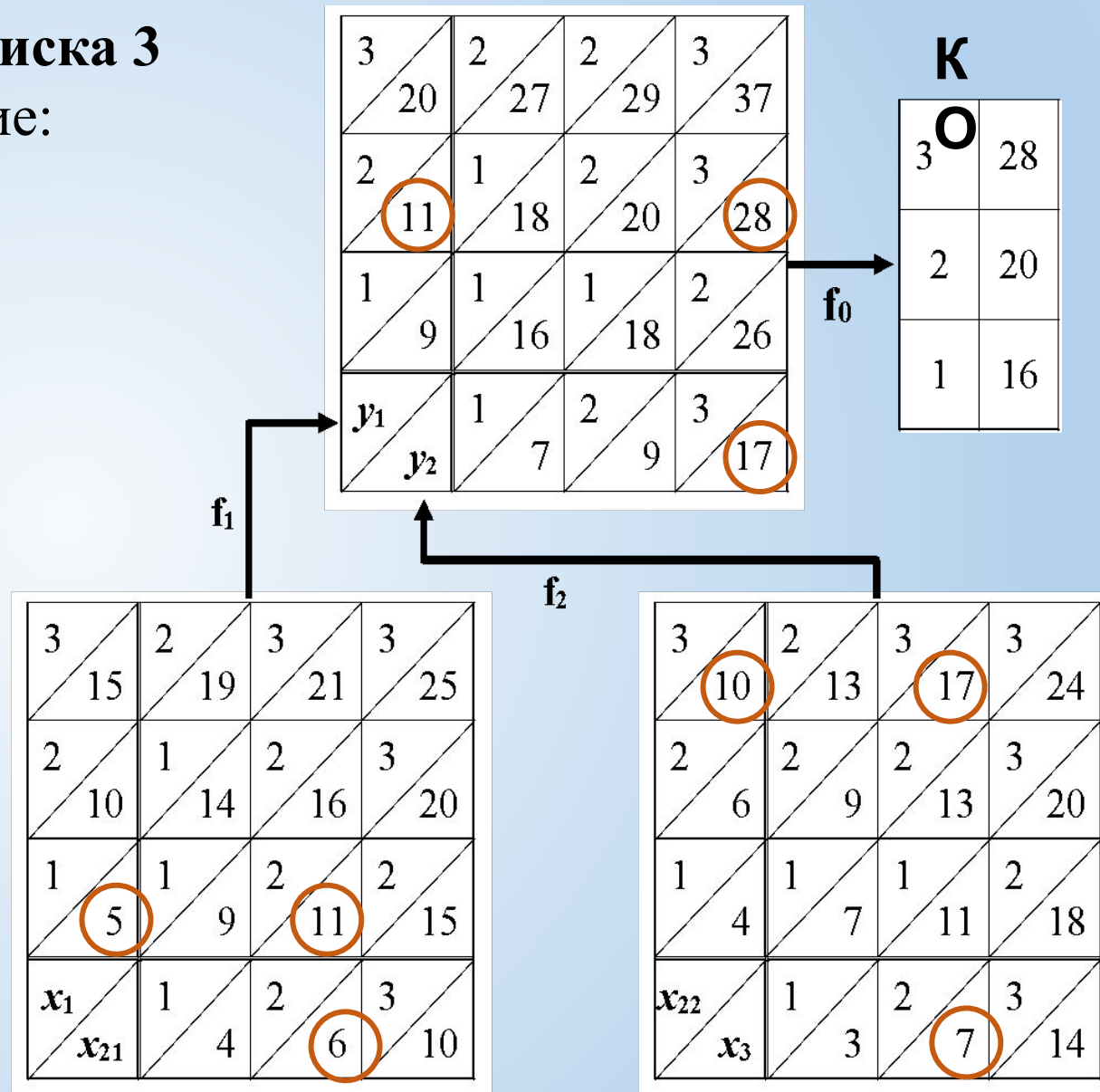
# Случай недопустимого решения

Пусть требуемая комплексная оценка риска  $3$  (низкий). В этом случае получаем решение:  $x_1 = 1, x_{21} = 2, x_{22} = 3, x_3 = 2$ . Затраты – 28.

НО!  $x_{21} \neq x_{22}$ , т.е. решение не допустимое.

Мы можем только утверждать, что меньше на снижение риска до низкого уровня мы потратить не сможем, т.е. затраты равные 28 – это нижняя оценка решения поставленной задачи.

Для поиска допустимого решения в этом случае существует несколько способов.

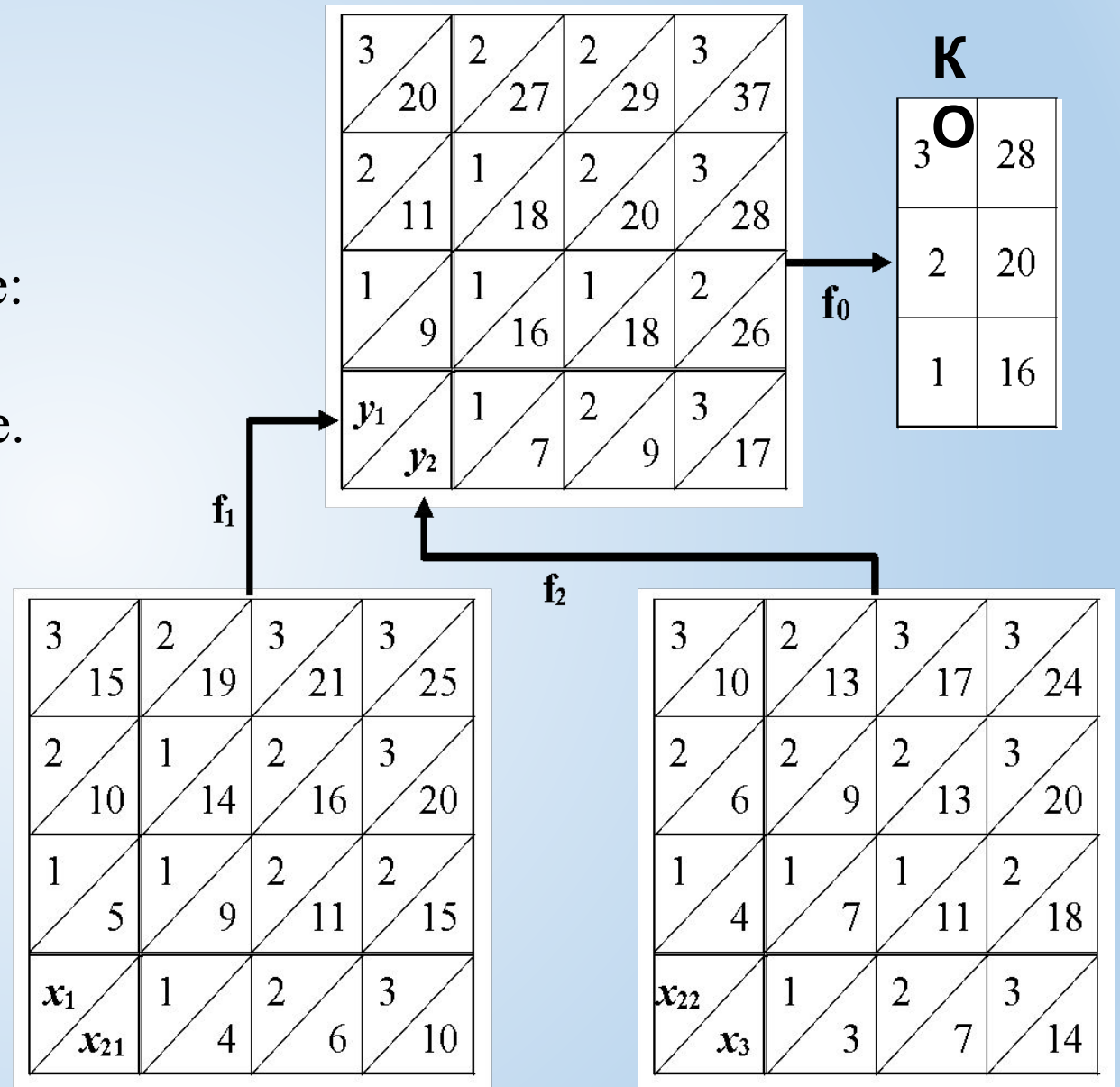




# Программа снижения риска с минимальными затратами

1. Можно улучшить нижнюю оценку, изменяя разбиение затрат для  $x_2$  (например, для  $x_{21} - 10$ , а для  $x_{22} - 2$ ). Тогда мы получим оптимальное решение:  $x_1=1$ ,  $x_{21}=x_{22}=2$ ,  $x_3=3$ , затраты – 31. Оно допустимое, а значит – оптимальное. (Проверьте это самостоятельно.)

2. Можно использовать полученную оценку в методе ветвей и границ, после применения которого получим такое же решение.



# ПРИМЕР

граничные величины вероятности  $B_1^B=0,2$ ;  $B_2^B=0,6$

граничные величины ущерба  $B_1^y=20$ ;  $B_2^y=50$

РИСКИ (количественные)

i	1	2	3	4	5	6
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,65	0,5
	100	80	75	45	60	90



РИСКИ (качественная)

i	1	2	3	4	5	6
	3	3	3	2	3	2
	3	3	3	2	3	3

Пример расчета значений таблицы

$$A_{i1}^B = B_i^B - B_{i1}^B = 0,9 - 0,2 = 0,7$$

$$A_{i1}^y = B_i^y - B_{i1}^y = 100 - 20 = 80$$

## МАТРИЦА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКОВ ПО СТЕПЕНИ

	СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ		
	2	2(6)	3(1,2,3,5)
3			
2	1	2(4)	3
1	1	1	2
S	1	2	3
P			

МИНИМАЛЬНЫЕ УМЕНЬШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И УЩЕРБОВ, необходимые для перевода критериев в категорию

i	со средней или минимальной степенью опасности					
	1	2	3	4	5	6
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,45	0,3
	0,3	0,2	0,1	0	0,05	0
	80	60	55	25	40	70
	50	30	25	0	10	40

# ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПЕРВОГО РИСКА

$i$	1	2	3	4	5	6
	10	15	5	20	30	10
	25	43	18	80	150	60
	20	35	15	10	40	25
	50	100	50	40	200	150

- $i$  – номер мероприятия;
- $a_i^B$  – снижение вероятности риска для мероприятия  $i$ ;
- $v_i^B$  – затраты на снижение вероятности;
- $a_i^Y$  – снижение уровня риска для мероприятия  $i$ ;
- $v_i^Y$  – затраты на снижение уровня риска;
- $x_i$  – бинарная переменная.  $x_i = 1$ , если мероприятие  $i$  выполняется и  $x_i = 0$ , если не выполняется.

## ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ

### **снижения вероятности:**

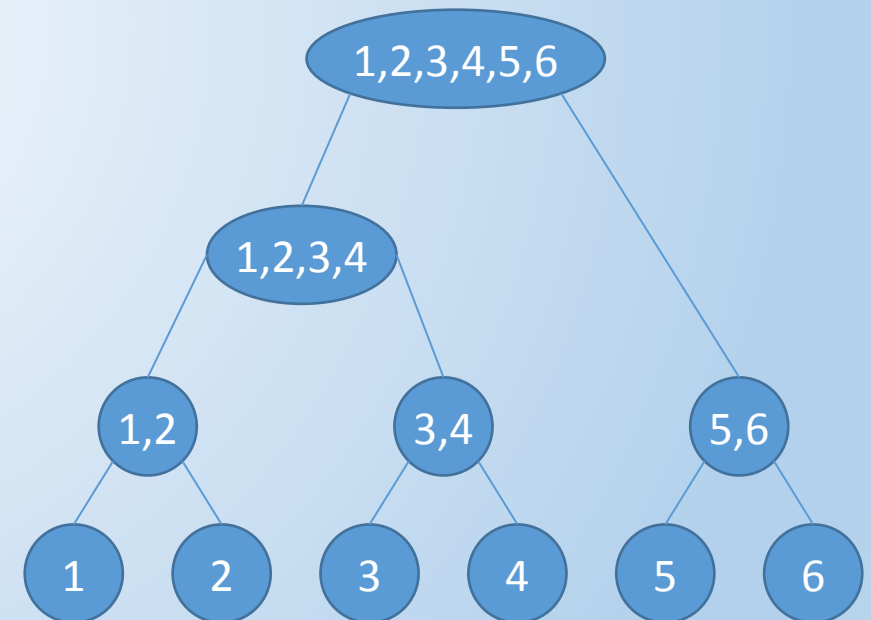
целевая функция:  $25x_1 + 43x_2 + 18x_3 + 80x_4 + 150x_5 + 60x_6 \rightarrow \min,$

функция ограничения:  $10x_1 + 15x_2 + 5x_3 + 20x_4 + 30x_5 + 10x_6 \geq 70,$

### **снижения уровня риска:**

целевая функция:  $50x_1 + 100x_2 + 50x_3 + 40x_4 + 200x_5 + 150x_6 \rightarrow \min,$

функция ограничения:  $20x_1 + 35x_2 + 15x_3 + 10x_4 + 40x_5 + 25x_6 \geq 80$



# Выбор мероприятий для снижения вероятности

i	1	2	3	4	5	6
	10	15	5	20	30	10
	25	43	18	80	150	60

$$25x_1 + 43x_2 + 18x_3 + 80x_4 + 150x_5 + 60x_6 \rightarrow \min,$$

$$10x_1 + 15x_2 + 5x_3 + 20x_4 + 30x_5 + 10x_6 \geq 70,$$

3	25;98	35;123	40;141	50;166
2	20;80	30;105	35;123	45;148
1	5;18	15;43	20;61	30;86
0	0;0	10;25	15;43	25;68
(3,4) (1,2)	0	1	2	3

1	15;43	25;68
0	0;0	10;25
2 1	0	1

1	20;80	25;98
0	0;0	5;18
4 3	0	1

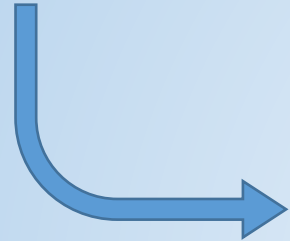
1	10;60	40;210
0	0;0	30;150
6 5	0	1

Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	10	15	25
Затраты	0	25	43	68
Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	5	20	25
Затраты	0	18	80	98
Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	10	30	40
Затраты	0	60	150	210

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эффект	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Затраты	0	18	25	43	61	68	86	123	141	148	166

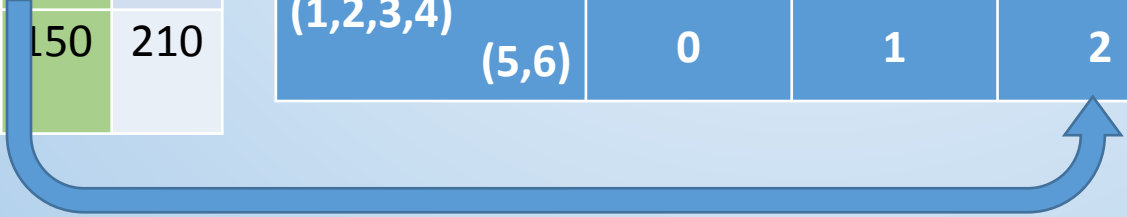
# Выбор мероприятий для снижения

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эффект	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Затраты	0	18	25	43	61	68	86	123	141	148	166



10	50;166	60;226	-	-	
9	45;148	55;208	-	-	
8	40;141	50;201	<b>70;291</b>	-	
7	35;123	45;183	65;273	-	
6	<b>30;86</b>	40;146	60;236	70;296	
5	25;68	35;128	55;218	65;278	
4	20;61	30;121	50;211	60;271	
3	15;43	25;103	45;193	55;253	
2	10;25	20;85	40;175	50;235	
1	5;18	15;78	35;168	45;28	
0	0;0	10;60	30;150	40;210	
(1,2,3,4)	(5,6)	0	1	2	3

Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	10	30	40
Затраты	0	60	150	210



Снижение риска до минимального уровня	Снижение риска до среднего уровня



# Выбор мероприятий для снижения

## вероятности

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эффект	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Затраты	0	18	25	43	61	68	86	123	141	148	166

Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	10	30	40
Затраты	0	6	150	210

3	25;98	35;123	40;141	50;166
2	20;80	30;105	35;123	45;148
1	5;18	15;43	20;61	30;86
0	0;0	10;25	15;43	25;68
(3,4) (1,2)	0	1	2	3

Окончательно получаем оптимальный набор мероприятий для риска 1 по уменьшению вероятности

до минимального уровня: 2, 3, 4, 5

до среднего уровня: 1, 2, 3

1	10;60	40;210
0	0;0	30;150
6	5	0
5	0	1

Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	10	15	25
Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	5	20	25
Затраты	0	18	80	98

1	15;43	25;68
0	0;0	10;25
2	1	0
1	0	1

1	20;80	25;98
0	0;0	5;18
4	3	0
3	0	1

Пусть затраты на сохранение max уровня вероятности равны 40 (даже в максимально рисковомой ситуации необходимо прилагать усилия, чтобы она не стала катастрофической).

Получаем  $S_{11}^B=291$ ,  $S_{12}^B=86$ ,  $S_{13}^B=40$

## Выбор мероприятий для снижения уровня

### риска

Применив аналогичный алгоритм получаем следующие наборы мероприятий:

Для снижения риска до минимального уровня: 1, 2, 3, 4, затраты – 240

Для снижения риска до среднего уровня: 1, 2, затраты – 150

Пусть *затраты на сохранение максимального уровня ущерба* равны 60. Тогда получаем:

$$S_{11}^y = 240, S_{12}^y = 150, S_{13}^y = 60$$

Для определения оптимального снижения вероятности и ущерба по риску 1 подставляем величины

$$S_{1j}^B \text{ и } S_{1j}^y, j = 1, 2, 3$$

в матрицу степени опасности

3;40	2;280	2;190	3;100
2;86	1;326	2;236	3;146
1;291	1;531	1;441	2;351
P S	1;240	2;150	3;60

Для каждой оценки (первое число в ячейке) выбираем минимальные значения затрат (второе число в ячейке). Получаем

$$S_{11} = 326, S_{12} = 190, S_{13} = 100$$

(1-й индекс обозначает номер риска, 2-й – оценку).

*Рассмотренная методика определения минимальных затрат на снижение степени опасности с максимального уровня до среднего и минимального или возможности «удержаться» на высоком уровне, применяется к каждому риску.*

# Выбор мероприятий для

## снижения уровня

Таблица мероприятий для снижения  
риска 2

	1	2	3	4	5	6
1	5	20	10	15	25	30
2	10	45	50	20	30	40
3	10	5	35	20	15	30
4	35	40	70	50	30	90

### Снижение уровня ущерба:

$$A_{21}^B = 60, A_{22}^B = 30$$

$$35x_1 + 40x_2 + 70x_3 + 50x_4 + 30x_5 + 90x_6 \rightarrow \min$$

$$10x_1 + 5x_2 + 35x_3 + 20x_4 + 15x_5 + 30x_6 \geq 60$$

Решение :

$$x_1 = x_3 = x_5 = 1, x_2 = x_4 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{21}^y = 135.$$

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_6 = 0, x_4 = x_5 = 1, \text{ затраты } S_{22}^y = 80.$$

$$\text{Сохранение max уровня ущерба } S_{23}^y = 40.$$

### Снижение уровня вероятности:

$$A_{21}^B = 0,6 \text{ и } A_{22}^B = 0,2$$

$$10x_1 + 45x_2 + 50x_3 + 20x_4 + 30x_5 + 40x_6 \rightarrow \min,$$

$$5x_1 + 20x_2 + 10x_3 + 15x_4 + 25x_5 + 30x_6 \geq 60.$$

Решение:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0, x_5 = x_6 = 1, \text{ затраты } S_{21}^y = 80.$$

$$x_1 = x_4 = 1, x_2 = x_3 = x_5 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{22}^y = 30.$$

$$\text{Сохранение max уровня вероятности } S_{23}^y = 15.$$

Матрица степени опасности с  
оптимальными

вариантами для каждой оценки

3;15	2;150	2;95	3;55	
2;30	1;165	2;110	3;70	
1;80	1;220	1;165	2;125	
P	S	1;135	2;80	3;40

$$S_{21} = 165, S_{22} = 95, S_{23} = 55$$

Оценки 1  
(низкая  
степень  
риска)  
можно  
достичь  
двумя  
путями.

# Выбор мероприятий для

## снижения уровня

Таблица мероприятий для снижения

риска 3

	1	2	3	4	5	6
1	12	18	10	15	20	25
2	36	40	30	50	60	80
3	10	15	20	5	30	18
4	20	40	60	5	80	64

### Снижение уровня ущерба:

$$A_{31}^y = 55 \text{ и } A_{32}^y = 25$$

$$20x_1 + 40x_2 + 60x_3 + 5x_4 + 80x_5 + 64x_6 \rightarrow \min$$

$$10x_1 + 15x_2 + 20x_3 + 5x_4 + 30x_5 + 18x_6 \geq 55$$

Решение :

$$x_1 = x_2 = x_5 = 1, x_3 = x_4 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{31}^y = 140.$$

$$x_1 = x_2 = 1, x_3 = x_4 = x_5 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{32}^y = 60.$$

$$\text{Сохранение } \max \text{ уровня ущерба } S_{33}^y = 45.$$

### Снижение уровня вероятности:

$$A_{31}^B = 0,5 \text{ и } A_{32}^B = 0,1$$

$$36x_1 + 40x_2 + 30x_3 + 50x_4 + 60x_5 + 80x_6 \rightarrow \min$$

$$12x_1 + 18x_2 + 10x_3 + 15x_4 + 20x_5 + 25x_6 \geq 50$$

Решение:

$$x_1 = x_2 = x_5 = 1, x_3 = x_4 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{31}^y = 136.$$

$$x_3 = 1, x_1 = x_2 = x_4 = x_5 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{32}^y = 30.$$

$$\text{Сохранение } \max \text{ уровня вероятности } S_{33}^y = 10.$$

Матрица степени опасности с  
оптимальными

вариантами для каждой оценки

3;10	2;150	2;70	3;55	
2;30	1;170	2;90	3;75	
1;136	1;276	1;196	2;181	
P	S	1;140	2;60	3;45

$$S_{31} = 170, S_{32} = 70, S_{33} = 55$$



# Выбор мероприятий для

## снижения уровня

Таблица мероприятий для снижения

Риск 4	1	2	3	4	5	6
	4	18	9	15	20	25
	2	6	10	20	30	40
	10	5	15	8	12	17
	30	10	25	16	20	40

### Снижение уровня ущерба:

$$A_{41}^y = 25; A_{42}^y = 0$$

$$30x_1 + 10x_2 + 25x_3 + 16x_4 + 20x_5 + 40x_6 \rightarrow \min$$

$$10x_1 + 5x_2 + 15x_3 + 8x_4 + 12x_5 + 17x_6 \geq 25$$

Решение:

$$x_2 = x_4 = x_5 = 1, x_1 = x_3 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{41}^B = 46$$

$$\text{Сохранение средн. уровня ущерба } S_{42}^B = 20$$

### Снижение уровня вероятности:

$$A_{41}^B = 0,4; A_{42}^B = 0$$

$$2x_1 + 6x_2 + 10x_3 + 20x_4 + 30x_5 + 40x_6 \rightarrow \min,$$

$$4x_1 + 18x_2 + 9x_3 + 15x_4 + 20x_5 + 25x_6 \geq 40$$

Решение:

$$x_1 = x_5 = x_6 = 0, x_2 = x_3 = x_4 = 1, \text{ затраты } S_{41}^B = 36$$

$$\text{Сохранение средн. уровня вероятности } S_{33}^y = 10$$

Матрица степени опасности с оптимальными

вариантами для каждой оценки

2;10	1;56	2;30	
1;36	1;82	1;56	
P			
S	1;46	2;20	

$$S_{41} = 56, S_{42} = 30$$

Оценки 1 (низкая степень риска) можно достичь двумя путями.



# Выбор мероприятий для

## снижения уровня

Таблица мероприятий для снижения  
риска 5

	1	2	3	4	5	6
1	30	14	16	20	10	5
2	40	7	10	30	8	2
3	15	12	18	13	20	25
4	20	28	40	30	45	50

### Снижение уровня вероятности:

$$A_{51}^B = 45, A_{52}^B = 5$$

$$40x_1 + 7x_2 + 10x_3 + 30x_4 + 8x_5 + 2x_6 \rightarrow \min$$

$$30x_1 + 14x_2 + 16x_3 + 21x_4 + 10x_5 + 5x_6 \geq 45$$

Решение:

$$x_1 = x_4 = 0, x_2 = x_3 = x_5 = x_6 = 1, \text{ затраты } S_{51}^B = 27$$

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = 0, x_6 = 1, \text{ затраты } S_{52}^B = 2$$

Сохранение **max** уровня вероятности  $S_{53}^B = 1$

### Снижение уровня ущерба:

$$A_{51}^y = 40, A_{52}^y = 10$$

$$20x_1 + 28x_2 + 40x_3 + 30x_4 + 45x_5 + 50x_6 \rightarrow \min$$

$$15x_1 + 12x_2 + 18x_3 + 13x_4 + 20x_5 + 25x_6 \geq 40$$

Решение:

$$x_1 = x_2 = x_4 = 1, x_3 = x_5 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{51}^y = 78$$

$$x_1 = 1, x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{52}^y = 20$$

Сохранение **max** уровня ущерба  $S_{53}^y = 7$

Матрица степени опасности с  
оптимальными

вариантами для каждой оценки

3;1	2;79	2;21	3;8
2;2	1;80	2;22	3;9
1;27	1;105	1;47	2;34
P			
S	1;78	2;20	3;7

$$S_{51} = 47, S_{52} = 21, S_{53} = 8$$

# Выбор мероприятий для

## снижения уровня

Таблица мероприятий для снижения

риска 6	1	2	3	4	5	6
	12	8	17	13	20	10
	20	15	30	25	35	18
	25	20	35	10	15	15
	30	25	40	10	20	15

### Снижение уровня ущерба:

$$A_{61}^y = 70, A_{62}^y = 40$$

$$30x_1 + 25x_2 + 40x_3 + 10x_4 + 20x_5 + 15x_6 \rightarrow \min$$

$$25x_1 + 20x_2 + 35x_3 + 10x_4 + 15x_5 + 15x_6 \geq 70$$

Решение:

$$x_1 = x_3 = x_4 = 1, x_2 = 0, x_5 = 0, x_6 = 0, \text{ затраты } S_{61}^y = 80$$

$$x_1 = x_2 = x_3 = 0, x_4 = x_5 = x_6 = 1, \text{ затраты } S_{62}^y = 45$$

$$\text{Сохранение max уровня ущерба } S_{63}^y = 25$$

### Снижение уровня вероятности:

$$A_{61}^B = 0,3, A_{62}^B = 0$$

$$20x_1 + 15x_2 + 30x_3 + 25x_4 + 35x_5 + 18x_6 \rightarrow \min$$

$$12x_1 + 8x_2 + 18x_3 + 13x_4 + 20x_5 + 10x_6 \geq 30$$

Решение:

$$x_1 = x_3 = 1, x_2 = x_4 = x_5 = x_6 = 0, \text{ затраты } S_{61}^B = 50$$

$$\text{Сохранение средн. уровня вероятности } S_{62}^y = 15$$

Матрица степени опасности с  
оптимальными

вариантами для каждой оценки

2;15	1;95	2;60	3;40
1;50	1;130	1;95	2;75
P	S	1;80	2;45
		3;25	

$$S_{61} = 95, S_{62} = 60, S_{63} = 40$$

Оценки 1  
(низкая  
степень  
риска)  
можно  
достичь  
двумя  
путями.

# Определения оптимальной стратегии снижения риска

Затраты  $S_{ij}$  для достижения любой из оценок (баллы  $j = \overline{1,3}$ ) по всем шести рискам ( $i = \overline{1,6}$ )

Риск Балл	1	2	3	4	5	6
1	345	165	170	56	47	95
2	190	95	70	30	21	60
3	100	55	55	-	8	40

## ПОЛУЧЕННАЯ СТРАТЕГИЯ УМЕНЬШЕНИЯ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ДО MIN УРОВНЯ:

**Риски 1, 2, 3:** и *P*, и *S* остаются на уровне 3. **КО 3.**

**Риск 4:** и *P* и *S* остаются на уровне 2. **КО 2.**

**Риск 5:** *P* остается на уровне 3, *S* уменьшается до уровня 2 – мероприятие 1. **КО 2.**

**Риск 6:** возможны два варианта действий. **КО 1.**

1. *P* останется на уровне 2, *S* снижается до уровня 1 – мероприятия 1, 3 и 4.

Таблица V

3;163	2;343	<b>2;308</b>	<b>3;288</b>
2;176	<b>1;356</b>	2;321	2;331
1;217	1;397	1;362	2;342
III / IV	1;180	2;145	3;125

Таблица III

3;155	2;202	<b>2;176</b>	<b>3;163</b>
2;170	<b>1;217</b>	2;191	3;178
1;360	1;407	1;381	2;368
I / 5	1;47	2;21	3;8

Таблица IV

3;-	-	-	-
2;85	<b>1;180</b>	<b>2;145</b>	<b>3;125</b>
1;195	1;290	2;255	2;235
II / 6	1;95	2;60	3;40

Таблица I

3;55	2;400	3;245	<b>3;155</b>
2;70	2;415	2;260	<b>2;170</b>
1;170	1;515	<b>1;360</b>	2;270
3 / 1	1;345	2;190	3;100

Таблица II

3;-	-	-	-
2;30	<b>1;195</b>	2;125	<b>2;85</b>
1;56	1;221	2;151	2;111
4 / 2	1;165	2;95	3;55

# Учет многоцелевых мероприятий

Пусть имеются мероприятия, влияющие на снижение степени влияния сразу по нескольким рискам либо влияющие на снижение и вероятности, и ущерба по одному риску. Например – мероприятия по обучению персонала мерам обеспечения производственной безопасности. Как правило, число таких многоцелевых мероприятий не велико. Поэтому алгоритм заключается в переборе всех вариантов вхождения многоцелевых мероприятий в программу. Если число многоцелевых мероприятий равно  $q$ , то число вариантов их вхождения в программу равно  $2^q$ .

Пусть для риска 1 мероприятия 5 и 6 являются многоцелевыми. Поскольку мероприятий 2, число их вхождений

i	1	2	3	4		5	6
	10	15	5	20		30	10
	25	43	18	80		40	25
	20	35	15	10			
	50	100	50	40	$B_i$	350	210

Для всех оценок оптимальным является вариант 1 с затратами  $S_{11}=326$ ;  $S_{12}=190$ ;  $S_{13}=100$ .

**Случаи, когда имеются мероприятия, дающие вклад либо в уменьшение  $P$ , либо в уменьшение  $S$  сразу по нескольким рискам, рассматриваются аналогично.**

та (методом оценки мероприятий не входящих в программу):

- 1. Мероприятие 5 не входит в программу.**  
Решаем задачу для мероприятий 1, 2, 3, 4.  
Получаем min затраты -  $S_{11}=326$ ;  $S_{12}=190$ ;  $S_{13}=100$ .
- 2. Мероприятие 5 входит в программу, а 6 - нет.**  
Решаем задачу для мероприятий 1, 2, 3, 4, 5.  
Получаем min затраты -  $S_{11} = 140 + 350 = 490$ ;  
 $S_{12} = 40 + 350 = 390$ ;  $S_{13} = 0 + 350 = 350$ .
- 3. Мероприятие 6 входит в программу, а 5 - нет.**  
Решаем задачу для мероприятий 1, 2, 3, 4, 6.  
Получаем min затраты -  $S_{11} = 210 + 210 = 420$ ;  
 $S_{12} = 90 + 210 = 300$ ;  $S_{13} = 0 + 210 = 210$ .
- 4. Оба мероприятия входят в программу.**  
Решаем задачу для мероприятий 1, 2, 3, 4, 5, 6.