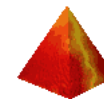




# **ТЕМА 12:** Моделирование основных параметров маркетинговой системы сельскохозяйственного предприятия

## **Вопросы:**

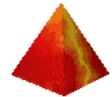
- 1. Постановка задачи**
- 2. Методика обоснования исходной информации**
- 3. Линейно-динамическая модель**
- 4. Стохастическая модель**



# 1. Постановка задачи



Современные условия хозяйствования требуют от предприятий АПК оперативного реагирования на изменение спроса, подчинения производства потребностям рынка. Главной задачей маркетинга является вклад в сохранение и развитие предприятия как социально-экономической системы.



При этом в качестве основных целей выдвигаются: рост доли предприятия на рынке, рост сбыта товаров, улучшение ассортимента товаров, разработка и выведение на рынок нового товара, покрытие переменных и постоянных затрат, рост прибыли предприятия.

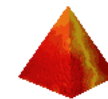
Все эти цели взаимосвязаны и взаимообусловлены: захватить большую долю рынка можно только продав определенное количество товаров, т.е. увеличивая сбыт, а это, в свою очередь, приведет к увеличению прибыли.



# 1. Постановка задачи



- Анализ и планирование сбыта предприятия важен, так как:**
- **1. сбыт входит в расчет других показателей как составная часть или исходная величина (например, в прибыль).**
  - **2. планирование сбыта продукции определяет планирование других сфер деятельности предприятия (т.е. производства, закупок).**
  - **3. сбыт является простым и надежным показателем роста предприятия.**



**Данные по сбыту могут дать указания на продукты, которые, возможно, следует исключить из производственной программы или, наоборот, производство которых необходимо расширить. С помощью моделирования продукты, выпускаемые предприятием, можно одновременно рассмотреть с помощью сбыта, прибыли и покрытия материально-денежных затрат. В процессе решения задачи можно сформировать ассортимент товаров, который зависит от возможностей производства и позволяет получить наилучшие конечные результаты предприятия.**



# 1. Постановка задачи

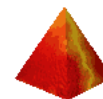


Для этого необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Какие продукты должно производить предприятие в планируемом году или какие другие возможности вложения средств оно имеет. Например, предприятие может организовать переработку отдельных видов с/х продукции.



2. В каком количестве должны производиться продукты в планируемом году.



3. Когда начать введение нового продукта. Это зависит от имеющихся ресурсов предприятия, от резервов мощностей. Новые продукты должны вводиться своевременно, чтобы за счет прибыли от их сбыта возместить убытки от реализации других необходимых покупателям товаров.

4. Какой продукт в условиях предприятия не выгодно производить и реализовать, т.е. когда данный продукт необходимо удалить с рынка.

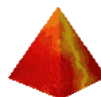
# 1. Постановка задачи



□5. Как наилучшим образом распределить лимитированные, т.е. ограниченные ресурсы предприятия, чтобы достичь роста и использовать имеющиеся рыночные шансы. Прибыль предприятия зависит не только от ассортимента и сбыта продукции, но и от каналов реализации продукции, так как каналы сбыта характеризуются различными условиями и ценами реализации.



Решить вышеизложенные вопросы можно на базе использования экономико-математической модели оптимизации основных параметров маркетинговой системы сельскохозяйственного предприятия. При этом предприятие рассматривается как система, т.е. единое целое, что требует согласования программ развития отдельных отраслей



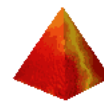
# 1. Постановка задачи



Для этого в условиях конкретного с/х предприятия необходимо обосновать:



- ❑ 1. Размер и структуру с/х угодий предприятия.
- ❑ 2. Вторым главным ресурсом предприятия является труд, причем использование труда в с/х предприятиях характеризуется сезонностью, следовательно исходя из этого в экономико-математические модели записывают ограничение не только по использованию трудовых ресурсов за год, но и по использованию труда в напряженный период. При дефиците трудовых ресурсов необходимо учитывать возможность привлечения труда со стороны.
- ❑ 3. Необходимо определить оптимальную структуру посевных площадей с/х культур и угодий, позволяющую удовлетворить нужды животноводства в кормах собственного производства и выполнение объемов договорных поставок продукции растениеводства. В связи с этим модель включает группу ограничений, направленных на оптимизацию кормления животных.
- ❑ 4. Необходимо предусмотреть целесообразные варианты распределения товарной продукции по различным каналам сбыта, учитывая ассортимент продукции.



# 1. Постановка задачи

Возможными **целевыми функциями** данной модели является следующие:

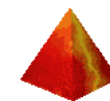


1. максимум прибыли;
2. максимум маржинальной прибыли
3. максимум стоимости товарной продукции;
4. максимум стоимости валовой продукции.



Наиболее предпочтительной целевой функцией модели в рыночных условиях хозяйствования считается максимум прибыли.

**В качестве базовой модели** используют структурную модель предыдущей темы, которая может быть дополнена ограничениями по хранению сельскохозяйственной продукции, по сбыту ее в разрезе месяцев года, по переработке с/х продукции и производству готовой продукции промышленной выработки, по сбыту ее в разрезе каналов реализации, по формированию и использованию рекламного бюджета, по формированию и влиянию маркетинговых мероприятий на конечные результаты работы предприятий.



## 2. Методика обоснования исходной информации

Данная задача решается на перспективу, следовательно, **в качестве исходной информации** служат данные перспективных и бизнес-планов предприятий, данные научно-исследовательских учреждений.

Однако большая часть информации для условий конкретного предприятия может быть получена на базе использования системы логически и информационно взаимосвязанных эконометрических моделей. Так **урожайность зерновых культур ( $y_x$ ) на перспективу** для с/х предприятий определяют по эконометрической модели вида:

$$y_x = y_i + \frac{\lg y_0}{\lg y_i} a_0 t$$



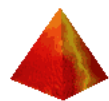
где  $y_i$  – фактическая в среднем за 2-3 года урожайность зерновых культур в рассматриваемом хозяйстве;  
 $y_0$  – фактическая в среднем за 2-3 года урожайность зерновых культур по однотипным хозяйствам района;  
 $t$  – продолжительность планового периода;  
 $a_0$  – коэффициент регрессии, определяющий среднегодовое приращение урожайности зерновых культур.

## 2. Методика обоснования исходной информации

Следует иметь в виду, что структура эконометрической модели может изменяться в зависимости от состояния экономики.

В условиях нестабильной экономической ситуации нарушаются связи в технологиях производства, соотношения между отраслями.

Например, в условиях стабильной экономики **урожайность отдельных с/х культур** рекомендовалось планировать по модели вида:



$$y_x = a_0 x^{a1}$$



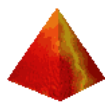
где  $x$  – планируемая урожайность зерновых культур.

В этом случае исходят из того, что объем при стабильном состоянии экономики имелась возможность поддерживать соотношение в развитии отдельных отраслей.

При нестабильной экономики взаимосвязь урожайностей зерновых и других культур ослабевает и, следовательно, КМ планирования урожайности других культур в большей степени ориентирована на достигнутый уровень урожайности конкретной культуры.

## 2. Методика обоснования исходной информации

Эконометрическая **модель планирования урожайности других с/х культур** в этом случае имеет вид:



$$y_x = y_0 + a_0 e^{a_1 \frac{\Delta u}{y_0}}$$

где  $y_0$  – фактическая урожайность в среднем за 2-3 года конкретной с/х культуры;

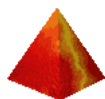
$\Delta u$  – разница между планируемой и фактической урожайностью зерновых культур.

При планировании показателей животноводства крайне важно обеспечить их увязку с показателями растениеводства. Лучше всего это осуществляется через изменение урожайности зерновых культур, которые можно считать мерилем изменения кормовой базы.



## 2. Методика обоснования исходной информации

Для планирования продуктивности животных используют эконометрическую модель вида:



$$y_x = y_0 e^{\frac{\Delta u}{y_0 \sqrt{a \lg t}}}$$

где  $y_0$  – фактическая в среднем за 2-3 года продуктивность животного;

$a$  – коэффициент регрессии;

$t$  – продолжительность планового периода;

$e$  – основание натурального логарифма;

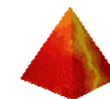


$\Delta u$  – разница между планируемой и фактической урожайностью зерновых культур.

Расход питательного вещества на 1 ц продукции животноводства определяется по модели вида:

$$y_x = a_0 + \frac{a_1}{x}$$

где  $x$  – перспективная продуктивность животного.



## 2. Методика обоснования исходной информации

**Затраты труда на единицу отрасли растениеводства и животноводства планируют по модели вида:**

$$y_x = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$$

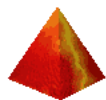
где  $x_1$  – фактические в среднем за 2-3 года затраты труда на 1 га посева с/х культуры, 1 голову животного;  
 $x_2$  – перспективная урожайность сельскохозяйственной культуры, перспективная продуктивность животного;  
 $a_0, a_1, a_2$  – коэффициент регрессии.

Включение фактора  $x_1$  – фактические затраты труда в эконометрическую модель объясняется тем, что экономика инерционна и фактическая технология возделывания культур, выращивания животных оказывает существенное влияние на перспективные показатели развития растениеводства и животноводства.



## 2. Методика обоснования исходной информации

Особенностью сельскохозяйственной продукции является то, что ее сбыт имеет выраженный сезонный характер. При этом выигрывает то предприятие, которое представляет продукцию на рынок до или после периода массового созревания. **Ежемесячный сбыт с/х продукции** можно обосновать с помощью гармонической модели:



$$y_t = a_0 + a_1 \cos t + a_2 \sin t$$

где  $t$  – месяцы производства продукции.



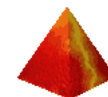
**Себестоимость единицы продукции** определяют по эконометрической модели вида:

$$y_x = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$$

где  $x_1$  – фактическая себестоимость продукции на начало планового периода;

$x_2$  – перспективная урожайность сельскохозяйственной культуры, продуктивность животных.

Для составления целевой функции берут фактические цены на продажу продукции в разрезе каналов ее реализации.



### 3. Линейно-динамическая модель

Рассмотренная модель является статической. **Статическая модель** – это модель технико-экономические коэффициенты которой в процессе решения задачи остаются неизменными.

Недостатком данной модели является то, что она не учитывает того факта, что с увеличением концентрации производства (т.е. увеличения размеров отраслей) создаются предпосылки для роста окупаемости ресурсов. При увеличении размеров отраслей сверх минимального уровня получается дополнительный эффект, который характерен для всей отрасли, но так как этот эффект появляется в результате приращения размера отрасли сверх минимума, то для придания статической модели динамического характера в экономико-математическую модель вводят в качестве неизвестных величин приращение размеров отраслей (  $\Delta x_j$  )



и учитывают дополнительный эффект от его появления. В этом случае одни показатели будут возрастать (прибыль), другие уменьшаться (затраты труда, кормов, питательных веществ, основных производственных фондов), т.е. часть технико-экономических коэффициентов в процессе решения задачи будут изменять свои размеры и модель, следовательно, будет линейно-динамической.

### 3. Линейно-динамическая модель

Дополнительный эффект на единицу превышения отрасли сверх минимального уровня определяется по формуле:



$$\mathcal{E}_{ij} = \frac{(a_{ij}^{\max} - a_{ij}^{\min}) \cdot D_j^{\max}}{D_j^{\max} - D_j^{\min}}$$

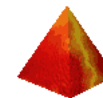
где  $\mathcal{E}_{ij}$  – экономия (или увеличение) ресурса вида  $i$  на единицу превышения отрасли вида  $j$  сверх минимального уровня;

$a_{ij}^{\max}, a_{ij}^{\min}$  – соответственно затраты ресурса вида  $i$  на единицу измерения отрасли вида  $j$  при максимальном и минимальном размере отрасли;

$D_j^{\max}, D_j^{\min}$  – соответственно максимальный и минимальный размер отрасли  $j$ .



### 3. Линейно-динамическая модель



**Пример:** рассчитаем дополнительный эффект на единицу превышения отрасли сверх минимального уровня.



Допустим минимальная площадь картофеля равна 100 га, максимальная – 300 га. Затраты труда соответственно составляют 130 и 120 чел.-часов на 1 га. Тогда эффект от превышения размера отрасли, т.е. площади картофеля сверх минимального уровня составит:



$$\mathcal{E}_{ij} = \frac{120 - 130}{300 - 100} \cdot 300 = -45$$

Экономия труда будет наблюдаться по всей отрасли, но рассчитана она будет на единицу приращения отрасли сверх минимального уровня и составит – 45 чел.-часов в расчете на площадь картофеля сверх 100 га.

### 3. Линейно-динамическая модель

Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия

Требуется найти максимум прибыли:

$$F_{\max} = \sum_{i \in I_4} \sum_{k \in K_0} p_{ik} x_{ik} + \sum_{j \in J_1} p_j x_j + \sum_{j \in J_2} \tilde{p}_j x_j - \sum_{i \in I_1} \sum_{h \in H_4} d_{hj} x_j c_h - \\ - \sum_{h \in H_1} x_h c_h - \sum_{h \in H_2} \tilde{x}_h c_h - \sum_{i \in I_3} c_i x_i + \sum_{j \in J_0} \tilde{p}_{ij} \Delta x_j$$

При условиях:

1. По использованию земельных угодий:



$$\sum_{j \in J_1} a_{ij} x_j \leq A_i, i \in I_1$$

2. По использованию труда:

$$\sum_{j \in J_0} b_{ij} x_j - \sum_{j \in J_0} \tilde{b}_{ij} \Delta x_j \leq B_i + x_i, i \in I_2 \quad x_i \leq R_i, i \in I_3$$

### 3. Линейно-динамическая модель

Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



#### 3. По балансу основных видов кормов

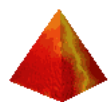
$$\sum_{j \in J_2} W_{hj}^{\min} x_j + \sum_{j \in J_2} x_{hj} - \sum_{j \in J_2} \tilde{W}_{hj} \Delta x_j \leq \sum_{j \in J_1} d_{hj} x_j - W_h + x_h, \quad h \in H_4$$

#### 4. По балансу покупных кормов, кормов животного происхождения и побочных кормов

$$\sum_{j \in J_2} W_{hj}^{\min} x_j + \sum_{j \in J_2} x_{hj} - \sum_{j \in J_2} \tilde{W}_{hj} \Delta x_j = \tilde{x}_h, \quad h \in H_2$$

#### 5. По производству побочных кормов

$$x_h \leq \sum_{j \in J_1} d_{hj} x_j - W_h, \quad h \in H_3$$



### 3. Линейно-динамическая модель

#### Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия

##### 6. По величине скользящей переменной



$$x_{hj} \leq (W_{hj}^{\max} - W_{hj}^{\min})x_j, \quad h \in H_0, \quad j \in J_2$$

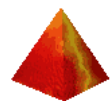
##### 7. По балансу питательных веществ



$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_2} W_{ij} x_j - \sum_{j \in J_2} \tilde{W}_{hj} \Delta x_j \leq & \sum_{j \in J_1} \sum_{h \in H_4} d_{hj} x_j k_{ih} + \sum_{h \in H_1} k_{ih} x_h + \\ & + \sum_{h \in H_2} k_{ih} \tilde{x}_h + \sum_{h \in H_3} k_{ih} \hat{x}_h - \sum_{h \in H_5} k_{ih} W_h, \quad i \in I_5 \end{aligned}$$

##### 8. По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах, обозначенных скользящими переменными

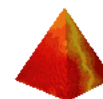
$$(W_{ij} - \sum_{h \in H_0} W_{hj}^{\min} k_{ih}) x_j \leq \sum_{h \in H_0} k_{ih} x_{hj}, \quad j \in J_2, \quad i \in I_5$$



### 3. Линейно-динамическая модель

#### Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия

9. По покупке кормов  $x_h \leq E_h, h \in H_1$



10. Технологические ограничения по площади отдельных сельскохозяйственных культур и размерам отраслей

Нижняя граница  $x_j - \Delta x_j = \tilde{D}_j, j \in J_0$

Верхняя граница  $x_j \leq D_j, j \in J_0$



11. Технологические ограничения по площади посева однородных сельскохозяйственных культур

Нижняя граница  $\sum_{j^0 \in J_3} a_{ij^0} x_j - \Delta x_j = \bar{r}_{ij} A_i, i = 1, j \in J_4$

Верхняя граница  $\sum_{j^0 \in J_3} a_{ij^0} x_j \leq r_{ji} A_i, i = 1, j \in J_4$



### 3. Линейно-динамическая модель

## Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



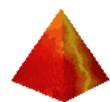
### 12. По реализации продукции

$$\sum_{j \in J_0} d_{ij} x_j - \hat{x}_i = P_i + \sum_{k \in K_0} x_{ik}, i \in I_4$$

### 13. По предельным объемам сбыта продукции

$$\tilde{D}_{ik} \leq x_{ik} \leq D_{ik}, i \in I_4, k \in K_0$$

### 14. Не отрицательность переменных

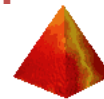


$$x_j, x_h, \tilde{x}_h, \tilde{x}_h, x_{ik}, x_i, \hat{x}_i, \Delta x_j \geq 0$$



### 3. Линейно-динамическая модель

## Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



### Индексация:

$j$  - номер сельскохозяйственных культур и отраслей;

$J_0$  - множество сельскохозяйственных культур и отраслей;

$J_1$  - множество отраслей растениеводства,  $J_1 \subset J_0$ ;

$J_2$  - множество отраслей животноводства,  $J_2 \subset J_0$ ;

$j^0$  – номер сельскохозяйственных культур однородной группы,  
 $j^0 \subset j$



$J_3$  - множество сельскохозяйственных культур однородной группы,  $J_3 \subset J_1$ ;

$J_4$  - множество групп однородных сельскохозяйственных культур,  
 $J_4 \subset J_1$ ;



### 3. Линейно-динамическая модель

## Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия

### Индексация:

$i$  - номер ограничений – видов земельных угодий, труда, питательных веществ, видов продукции;

$I_1$  - множество видов земельных угодий;

$I_2$  - множество видов труда;

$I_3$  - множество видов привлеченного труда;

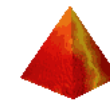
$I_4$  - множество видов товарной продукции;

$I_5$  - множество видов питательных веществ;

$h$  – номер вида корма;

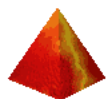
$H_0$  – множество видов кормов;

$H_1$  – множество покупных кормов,  $H_1 \subset H_0$



### 3. Линейно-динамическая модель

## Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



Индексация:



$H_2$  – множество кормов животного происхождения, покупных кормов,  $H_2 \subset H_0$

$H_3$  – множество побочных кормов,  $H_3 \subset H_2$

$H_4$  – множество собственных основных кормов,  $H_4 \subset H_0$

$H_5$  – множество собственных основных кормов, выделяемых на внутрихозяйственные нужды;  $H_5 \in H_4$

$k$  - номер канала сбыта продукции;

$K_0$  - множество каналов сбыта продукции.



### 3. Линейно-динамическая модель

#### Неизвестные величины:

$x_j$  - размер отрасли вида  $j$ ;

$x_h$  – количество покупных кормов вида  $h$ ;

$\tilde{x}_h$  – количество побочных кормов вида  $h$ ;

$\hat{x}_h$  – количество кормов вида  $h$  животного происхождения и покупных;

$x_{ik}$  – объем рыночного фонда по  $i$  продукции, реализованной по каналу сбыта вида  $k$ ;

$x_i$  – количество привлеченного труда вида  $i$ ;

$\hat{x}_i$  – количество товарной продукции вида  $i$ , которая может быть одновременно использоваться на корм скоту.

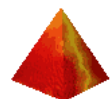
$x_{hj}$  – скользящая переменная по корму вида  $h$  для животных или половозрастной группы скота вида  $j$ ;

$\Delta x_j$  – превышение размера основной отрасли вида  $j$  сверх минимального уровня;



### 3. Линейно-динамическая модель

## Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



### Известные величины:



$A_i$  - наличие земельного угодья вида  $i$ ;

$B_i$  - ресурсы труда вида  $i$ ;

$P_i$  – объем договорных поставок продукции вида  $i$ ;

$W_h$  – расход корма  $h$  на внутрихозяйственные нужды;

$R_i$  – ограничения на привлеченный труд вида  $i$ ;

$\tilde{D}_j, D_j$  – соответственно минимальный и максимальный размеры отрасли  $j$ ;

$E_h$  – максимальное количество покупки корма  $h$ ;

$a_{ij}$  - расход земельного угодья вида  $i$  на единицу отрасли растениеводства вида  $j$ ;

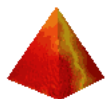
$b_{ij}$  - расход труда вида  $i$  на единицу отрасли вида  $j$ ;

$d_{hj}$  – выход корма вида  $h$  от единицы отрасли растениеводства вида  $j$ ;



### 3. Линейно-динамическая модель

## Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



#### Известные величины:

$d_{ij}$  – выход товарной продукции вида  $i$  с единицы отрасли вида  $j$ ;

$W_{hj}^{\min}$ ,  $W_{hj}^{\max}$  –

соответственно минимальный и максимальный расходы корма вида  $h$  на единицу отрасли животноводства вида  $j$ ;

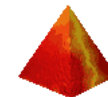
$W_{ij}$  - расход питательного вещества вида  $i$  на единицу отрасли животноводства вида  $j$ ;

$k_{ih}$  - содержание питательного вещества вида  $i$  в единице корма вида  $h$ .



### 3. Линейно-динамическая модель

#### Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



##### Известные величины:

$\tilde{r}_{ij}, r_{ij}$  – соответственно минимальная и максимальная доля  $j$ -х культур по земельному угодью  $i$ ;

$p_j$  – прибыль в расчете на единицу отрасли растениеводства  $j$ ;

$\tilde{p}_j$  – прибыль без расчета стоимости кормов на единицу отрасли животноводства  $j$ ;

$c_h$  – себестоимость (цена) единицы корма  $h$ ;



$c_i$  – дополнительные затраты на единицу привлеченного труда  $i$ ;

$\tilde{D}_{ik}, D_{ik}$  – соответственно минимальный и максимальный объемы сбыта продукции вида  $i$  по каналу реализации вида  $k$ ;

$p_{ik}$  – стоимость единицы продукции вида  $i$  реализованной по каналу сбыта вида  $k$ ;

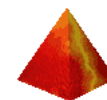
$a_{ij}^0$  – расход земельных угодий вида  $i$  на гектар с/х культуры вида  $j$ , относящейся к группе однородных культур вида  $j^0$ .

### 3. Линейно-динамическая модель

#### Структурная линейно-динамическая модель оптимизации работы маркетинговой службы сельскохозяйственного предприятия



Известные величины:



$\tilde{b}_{ij}, \tilde{W}_{hj}, \tilde{W}_{ij}$  – соответственно экономия труда вида  $i$ , кормов вида  $h$ , питательных веществ вида  $i$  на единицу превышения отрасли сверх минимального уровня;

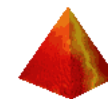
$\tilde{p}_{ij}$  – увеличение прибыли вида  $i$  на единицу превышения отрасли сверх минимального уровня.



### 3. Линейно-динамическая модель

**Пример:** *Приведем исходную информацию статической модели.*

**Требуется обосновать оптимальные параметры с./х.предприятия с целью получения максимума прибыли.**



#### **Исходная информация:**

1. В хозяйстве можно возделывать озимую рожь, озимую пшеницу, ячмень, овес, картофель, лен, корнеплоды, кукурузу на силос, многолетние травы на сено, семена, сенаж, зеленый корм, однолетние травы.

2. Производственные ресурсы хозяйства характеризуются следующими данными: пашня – 5200 га, природные сенокосы – 1700, пастбища – 2580 га. Наличие трудовых ресурсов составляет 515000 чел.-дней, в напряженный период (май – август) – 232000 чел.-дней. В этот период дополнительно используется труд сезонных и привлеченных рабочих в количестве до 150000 чел.-дней. Дополнительные затраты в расчете на 1 чел.-день составляют 7,0 у.д.е.

Наличие основных производственных фондов – 97856 у.д.е.

3. Экономические показатели развития растениеводства отражены в таблице 1.



### 3. Линейно-динамическая модель

**Пример :** Таблица 1. Экономические параметры растениеводства

Наименование культур  	Урожайность, ц/га	в том числе		Затраты труда на 1 га, чел.-дн		Фондооснащенность, уд.е. на 1 га	Себестоимость 1 ц, уд.е.  
		на корм	товарная продукция	на год	в напр. период		
Озимая рожь	32,7	3,3	26,4	6,5	4,4	3,72	7,2
Озимая пшеница	35,4	3,5	28,9	6,6	4,5	3,72	7,3
Ячмень	33,8	30,3	-	5,8	4,7	3,54	6,4
Овес	29,6	27,0	-	5,7	4,6	3,43	6,2
Лен: треста/семена	24/6,2	-	24/5,1	33	22	7,54	12/25
Картофель	215	43	132	25	17	7,80	3,1
Корнеплоды	325	325	-	39	24	9,36	1,2
Кукуруза на силос	212	170	-	6,3	4,5	2,44	1,3

### 3. Линейно-динамическая модель

Продолжение таблицы 1. Экономические параметры растениеводства

Наименование культур	Урожайность, ц/га	в том числе		Затраты труда на 1 га, чел.-дн		Фондооснащенность, уд.е. на 1 га	Себестоимость 1 ц, уд.е.
		на корм	товарная продукция	на год	в напр. период		
							
<b>Мн. травы на:</b>							
<b>сено</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>-</b>	<b>6,8</b>	<b>5,2</b>	<b>2,18</b>	<b>2,8</b>
<b>семена</b>	<b>4,4</b>	<b>-</b>	<b>4,4</b>	<b>6,2</b>	<b>4,5</b>	<b>2,91</b>	<b>45,4</b>
<b>сенаж</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>-</b>	<b>5,6</b>	<b>4,1</b>	<b>2,44</b>	<b>1,7</b>
<b>зеленый корм</b>	<b>170</b>	<b>170</b>	<b>-</b>	<b>4,2</b>	<b>2,4</b>	<b>1,87</b>	<b>1,1</b>
<b>Однолетние травы</b>	<b>135</b>	<b>135</b>	<b>-</b>	<b>2,6</b>	<b>1,3</b>	<b>1,45</b>	<b>0,8</b>
<b>Сенокосы на сено</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>6,2</b>	<b>4,7</b>	<b>1,5</b>	<b>2,2</b>
<b>Пастбища на зеленый корм</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>-</b>	<b>1,8</b>	<b>1,1</b>	<b>2,03</b>	<b>0,6</b>

### 3. Линейно-динамическая модель

#### *Пример :*

4. На корм скоту планируется расходовать часть соломы. Выход кормовой соломы с 1 га зерновых составит: озимая пшеница – 30 ц, ячмень – 28, овес – 25 ц. Себестоимость 1 ц соломы составляет 0,7 у.д.е.

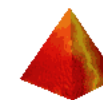
5. Среднегодовая продуктивность коровы – 38 ц молока. Реализация откормочного поголовья свиней осуществлялась средним живым весом одной головы – 1,05 ц. Затраты труда на 1 корову – 23 чел.-дн., в том числе в напряженный период – 7,6, на 1 голову свиней – 2,7 чел.-дн. и 0,9 – в напряженный период.

6. Расход питательных веществ на единицу продукции: на 1 ц молока – 1,2ц к.ед., на 1 ц свинины – 6,8. На 1 ц к.ед. должно приходиться: для коров – 0,103 ц, для свиней – 0,107 переваримого протеина.

7. По данным за предыдущие годы нормы скармливания отдельных видов кормов характеризовались следующими показателями (таблица 2).



### 3. Линейно-динамическая модель



**Пример :**

**Т а б л и ц а 2. Нормы кормления животных и питательная ценность кормов, ц**

Наименование кормов	На 1 корову		На 1 голову свиньи		Содержание в 1 ц корма, ц	
	min	max	min	max	к. ед.	переваримого протеина
Концентраты	10,9	12,3	4,5	6,2	1,00	0,125
Сено	5,1	10,2	-	-	0,48	0,049
Картофель	6,2	15,7	1,5	3,0	0,30	0,014
Корнеплоды	3,9	10,0	-	-	0,13	0,010
Силос	2,0	16,4	-	-	0,19	0,012
Сенаж	11,4	29,3	-	-	0,28	0,029
Зеленый корм	20,5	65,0	-	2,0	0,18	0,022
Солома	5,1	5,1	-	-	0,25	0,012
Молоко	-	-	0,05	1,0	0,30	0,033
Обрат	-	-	0,6	2,0	0,13	0,035

### 3. Линейно-динамическая модель

#### *Пример :*

8. Себестоимость 1 теленка в период реализации составляет 50 уд.е., затраты материально-денежных средств на 1 ц молока – 9, на 1 ц свинины – 60 уд.е. (без учета стоимости кормов).

9. Технологические и производственные ограничения на размеры сельскохозяйственных культур и отраслей следующие:

а) зерновые – не менее 40 и не более 60% от площади пашни;

б) площадь посева льна – не более 10% от площади пашни;

в) площадь посева трудоемких культур – не более 15% от площади пашни;

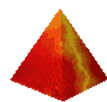
г) поголовье коров, исходя из максимально возможной мощности скотопомещений, не более 1600 коров;

д) откормочное поголовье свиней – не менее 2500 и не более 5700 голов.

10. Выход телят составляет 88 голов на 100 коров. На корову приходится 11,4 уд.е. фондов, на 1 голову свиней – 1,89 уд.е.

11. Расход кормов на внутрихозяйственные нужды: сено – 2400 ц, солома – 4000, зеленый корм – 9500, концентраты – 800 ц.

12. Договорные поставки продукции: зерно – 5700 ц, картофель – 24200, льносемена – 970, льнотреста – 4400, молоко – 44000, свинина – 3900 ц.



### 3. Линейно-динамическая модель

#### *Пример :*

Цена реализации продукции, у.д.е./ц: рожь – 10, пшеница – 11, картофель – 6, льнотреста – 20, льносемена – 45, молоко – 14, свинина – 100.

13. Коммерческий отдел сельскохозяйственного предприятия изучил возможность приобретения и реализации отдельных видов ресурсов и продуктов исходя из конъюнктуры цен и складывающейся рыночной ситуации по следующим направлениям:

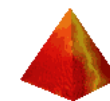
- а) приплод телят будет реализован специализированному хозяйству по откорму КРС с ценой 150 у.д.е. за 1 теленка;
- б) на комбикормовом заводе закупаются комбикорма в количестве до 1500 ц по цене 12 у.д.е. за 1 ц, маслозавод может поставить обрат по цене 3,5 у.д.е. за 1 ц, возможна покупка сена у сельскохозяйственного акционерного общества объемом до 500 ц по цене 6,2 у.д.е. за 1 ц;
- в) на бирже произойдет сбыт зерна в количестве до 300 ц по цене 13 у.д.е. за 1 ц;
- г) возможен вывоз картофеля на рынки СНГ в количестве до 2800 ц по цене 9 у.д.е. за 1 ц.



### 3. Линейно-динамическая модель

**Пример : Дополним исходную информацию статической модели.**

**14. Эффект от концентрации производства будет проявляться в отрасли молочного скотоводства и производства зерна. Экономия или увеличение ресурсов в расчете на единицу приращения отрасли сверх минимального уровня рассчитана по выше изложенной методике и составит:**

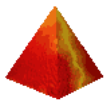


Показатели	зерно	коровы
Годовой труд на единицу отрасли, чел.-дн.	-1,5	-4,0
Труд в напряженный период, чел.-дн.	-0,7	-1,7
Кормовые единицы, ц к.ед.		-4,7
Переваримый протеин, ц п.п.		-0,55
Концентраты, ц		-1,5
Сено, ц		-3
Зеленый корм, ц		-10
Фондооснащенность, уд.е.	-0,7	-2,3
Прибыль, уд.е.	+3	+8

**15. Минимальное поголовье коров – 800 голов.**



### 3. Линейно-динамическая модель



Пример :

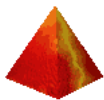
Вводим неизвестные величины задачи:

- $x_1$  – площадь посева озимой ржи, га;
- $x_2$  – площадь посева озимой пшеницы, га;
- $x_3$  – площадь посева ячменя, га;
- $x_4$  – площадь посева овса, га;
- $x_5$  – площадь посева льна, га;
- $x_6$  – площадь посева картофеля, га;
- $x_7$  – площадь посева корнеплодов, га;
- $x_8$  – площадь посева кукурузы на силос, га;
- $x_9$  – площадь посева многолетних трав на сено, га;
- $x_{10}$  – площадь посева многолетних трав на семена, га;
- $x_{11}$  – площадь посева многолетних трав на сенаж, га;
- $x_{12}$  – площадь посева многолетних трав на зеленый корм, га;
- $x_{13}$  – площадь однолетних трав, га;
- $x_{14}$  – площадь сенокосов на сено, га;
- $x_{15}$  – площадь пастбищ на зеленый корм, га;
- $x_{16}$  – поголовье коров, чел.;
- $x_{17}$  – поголовье свиней, гол.;



### 3. Линейно-динамическая модель

Пример :



**Вводим неизвестные величины задачи:**

- $x_{18}$  – покупка комбикорма, ц;
- $x_{19}$  – покупка обраты, ц;
- $x_{20}$  – покупка сена, ц;
- $x_{21}$  – солома на корм скоту, ц;
- $x_{22}$  – молоко на корм скоту, ц;
- $x_{23}$  – добавка концентратов коровам, ц;
- $x_{24}$  – добавка сена коровам, ц;
- $x_{25}$  – добавка картофеля коровам, ц;
- $x_{26}$  – добавка корнеплодов коровам, ц;
- $x_{27}$  – добавка силоса коровам, ц;
- $x_{28}$  – добавка сенажа коровам, ц;
- $x_{29}$  – добавка зеленого корма коровам, ц;
- $x_{30}$  – добавка концентратов свиньям, ц;
- $x_{31}$  – добавка картофеля свиньям, ц;
- $x_{32}$  – добавка зеленого корма свиньям, ц;
- $x_{33}$  – добавка молока свиньям, ц;
- $x_{34}$  – добавка обраты свиньям, ц;
- $x_{35}$  – приплод телят, гол.;



### 3. Линейно-динамическая модель

**Вводим неизвестные величины задачи:**

$x_{36}$  – сбыт зерна на бирже, ц;

$x_{37}$  – сбыт картофеля на рынки СНГ, ц;

$x_{38}$  – привлеченный труд, чел.-дн.;

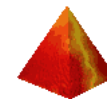
$x_{39}$  – приращение основных производственных фондов, у.д.е.;

$x_{40}$  – материальные денежные затраты, у.д.е.;

$x_{41}$  – выручка от реализации продукции, у.д.е.

$x_{42}$  – *превышение площади зерновых сверх минимального уровня, га;*

$x_{43}$  – *превышение поголовья коров сверх минимального уровня, гол.*



**Пример :**

**Составляем ограничения задачи:**

***I по использованию земельных угодий***

**1. По использованию пашни**

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 5200$$

**2. По использованию сенокосов**

$$x_{14} \leq 1700$$

**3. По использованию пастбищ**

$$x_{15} \leq 2580$$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*

*Пример :*

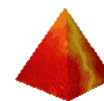
*II по использованию труда*



*4. По использованию годового труда*

$$6,5x_1 + 6,6x_2 + 5,8x_3 + 5,7x_4 + 33x_5 + 25x_6 + 39x_7 + 6,3x_8 + 6,8x_9 + 6,2x_{10} + \\ + 5,6x_{11} + 4,2x_{12} + 2,6x_{13} + 6,2x_{14} + 1,8x_{15} + 23x_{16} + 2,7x_{17} - \\ - 1,5x_{42} - 4,0x_{43} \leq 515000 + x_{38}$$

*5. По использованию труда в напряженный период*



$$4,4x_1 + 4,5x_2 + 4,7x_3 + 4,6x_4 + 22x_5 + 17x_6 + 24x_7 + 4,5x_8 + 5,2x_9 + 4,5x_{10} + \\ + 4,1x_{11} + 2,4x_{12} + 1,3x_{13} + 4,7x_{14} + 1,1x_{15} + 7,6x_{16} + 0,9x_{17} - \\ - 0,7x_{42} - 1,7x_{43} \leq 232000 + x_{38}$$

*6. По привлечению труда*

$$x_{38} \leq 150000$$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*

III по балансу основных видов кормов

7. По балансу концентратов

$$10,9x_{16} + x_{23} + 4,5x_{17} + x_{30} - 1,5x_{43} \leq 3,3x_1 + 3,5x_2 + 30,3x_3 + 27,0x_4 + x_{18} - 800$$

8. По балансу сена

$$5,1x_{16} + x_{24} - 3,0x_{43} \leq 42x_9 + 28x_{14} + x_{20} - 2400$$

9. По балансу картофеля

$$6,2x_{16} + x_{25} + 1,5x_{17} + x_{31} \leq 43x_6$$

10. По балансу корнеплодов

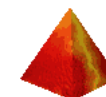
$$3,9x_{16} + x_{26} \leq 325x_7$$

11. По балансу силоса

$$2x_{16} + x_{27} \leq 170x_8$$

12. По балансу сенажа

$$11,4x_{16} + x_{28} \leq 110x_{11}$$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*

**III по балансу основных видов кормов**

**13. По балансу зеленого корма**

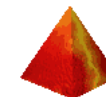
$$20,5x_{16} + x_{29} + x_{32} - 10,0x_{43} \leq 170x_{12} + 135x_{13} + 96x_{15} - 9500$$



**VI. По балансу покупных кормов, кормов животного происхождения и побочных кормов**

**14. По балансу соломы на корм скоту**

$$5,1x_{16} = x_{21}$$



**15. По балансу молока на корм скоту**

$$0,05x_{17} + x = x_{22}$$

**16. По балансу обраты на корм скоту**

$$0,6x_{17} + x_{34} = x_{19}$$

**V. По производству побочных кормов**

**17. По производству соломы на корм скоту**



$$x_{21} \leq 30x_2 + 28x_3 + 25x_4 - 4000$$

### 3. Линейно-динамическая модель

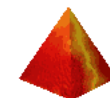
*Составляем ограничения задачи:*



#### VI. По величине скользящей переменной

18. По величине добавки концентратов коровам  $x_{23} \leq (12,3 - 10,9)x_{16}$

19. По величине добавки сена коровам  $x_{24} \leq (10,2 - 5,1)x_{16}$



20. По величине добавки картофеля коровам  $x_{25} \leq (15,7 - 6,2)x_{16}$

21. По величине добавки корнеплодов коровам  $x_{26} \leq (10,0 - 3,9)x_{16}$

22. По величине добавки силоса коровам  $x_{27} \leq (16,4 - 2,0)x_{16}$

23. По величине добавки сенажа коровам  $x_{28} \leq (29,3 - 11,4)x_{16}$

24. По величине добавки зеленого корма коровам

$$x_{29} \leq (65,0 - 20,5)x_{16}$$



### 3. Линейно-динамическая модель

#### Составляем ограничения задачи:

#### VI. По величине скользящей переменной



25. По величине добавки концентратов свиньям  $x_{30} \leq (6,2 - 4,5)x_{17}$

26. По величине добавки картофеля свиньям  $x_{31} \leq (3,0 - 1,5)x_{17}$

27. По величине добавки зеленого корма свиньям  $x_{32} \leq (2,0 - 0)x_{17}$

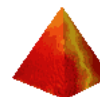
28. По величине добавки молока свиньям  $x_{33} \leq (1,0 - 0,05)x_{17}$

29. По величине добавки обраты свиньям  $x_{34} \leq (2,0 - 0,6)x_{17}$

#### VII. По покупке кормов

30. По покупке комбикорма  $x_{18} \leq 1500$

31. По покупке сена  $x_{20} \leq 500$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*



#### VIII. По балансу питательных веществ

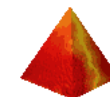
##### 32. По балансу ц кормовых единиц

$$38 \cdot 1,2x_{16} + 1,05 \cdot 6,8x_{17} - 4,7x_{43} \leq 3,3 \cdot 1,0x_1 + 3,5 \cdot 1,0x_2 + 30,3 \cdot 1,0x_3 + \\ + 27,0 \cdot 1,0x_4 + 43 \cdot 0,3x_6 + 325 \cdot 0,13x_7 + 170 \cdot 0,19x_8 + 42 \cdot 0,48x_9 + \\ + 110 \cdot 0,28x_{11} + 170 \cdot 0,18x_{12} + 0,13x_{19} + 0,48x_{20} + 0,25x_{21} + 0,3x_{22} - \\ - 2400 \cdot 0,48 - 4000 \cdot 0,48 - 4000 \cdot 0,25 - 9500 \cdot 0,18 - 800 \cdot 1,0$$

##### 33. По балансу ц переваримого протеина

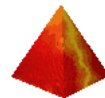


$$38 \cdot 1,2 \cdot 0,103x_{16} + 1,05 \cdot 6,8 \cdot 0,107x_{17} - 0,55x_{43} \leq 3,3 \cdot 0,125x_1 + 3,5 \cdot 0,125x_2 + \\ + 30,3 \cdot 0,125x_3 + 27,0 \cdot 0,125x_4 + 43 \cdot 0,014x_6 + 325 \cdot 0,01x_7 + 170 \cdot 0,012x_8 + \\ + 42 \cdot 0,49x_9 + 110 \cdot 0,29x_{11} + 170 \cdot 0,022x_{12} + 135 \cdot 0,022x_{13} + 28 \cdot 0,049x_{14} + \\ + 96 \cdot 0,022x_{15} + 0,125x_{18} + 0,035x_{19} + 0,049x_{20} + 0,012x_{21} + 0,033x_{22} - \\ - 2400 \cdot 0,049 - 4000 \cdot 0,012 - 9500 \cdot 0,022 - 800 \cdot 0,125$$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*



***IX. По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах, обозначенных скользящими переменными***

***34. По содержанию ц кормовых единиц в дополнительных кормах для коров***

$$[38 \cdot 1,2 - (10,9 \cdot 1,0 + 5,1 \cdot 0,48 + 6,2 \cdot 0,3 + 3,9 \cdot 0,13 + 2,0 \cdot 0,19 + 11,4 \cdot 0,28 + 20,5 \cdot 0,18 + 5,1 \cdot 0,25)]x_{16} \leq 1,0x_{23} + 0,48x_{24} + 0,3x_{25} + 0,13x_{26} + 0,19x_{27} + 0,28x_{28} + 0,18x_{29}$$

***35. По содержанию ц переваримого протеина в дополнительных кормах для свиней***

$$[38 \cdot 1,2 \cdot 0,103 - (10,9 \cdot 0,125 + 5,1 \cdot 0,49 + 6,2 \cdot 0,014 + 3,9 \cdot 0,01 + 2,0 \cdot 0,012 + 11,4 \cdot 0,29 + 20,5 \cdot 0,022 + 5,1 \cdot 0,012)]x_{16} \leq 0,125x_{23} + 0,049x_{24} + 0,014x_{25} + 0,01x_{26} + 0,012x_{27} + 0,029x_{28} + 0,022x_{29}$$



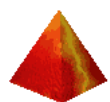
### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*

***IX. По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах, обозначенных скользящими переменными***



***36. По содержанию ц кормовых единиц в дополнительных кормах для свиней***



$$[1,05 \cdot 6,8 - (4,5 \cdot 1,0 + 1,5 \cdot 0,3 + 0,05 \cdot 0,3 + 0,6 \cdot 0,13)]x_{17} \leq 1,0x_{30} + 0,3x_{31} + 0,18x_{32} + 0,3x_{33} + 0,13x_{34}$$

***37. По содержанию ц переваримого протеина в дополнительных кормах для свиней***

$$[1,05 \cdot 6,8 \cdot 0,107 - (4,5 \cdot 0,125 + 1,5 \cdot 0,014 + 0,05 \cdot 0,033 + 0,6 \cdot 0,35)]x_{17} \leq 0,125x_{30} + 0,014x_{31} + 0,022x_{32} + 0,033x_{33} + 0,035x_{34}$$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*

**VII технологические ограничения по площади посева отдельных сельскохозяйственных культур и размерам отраслей**

38. По минимальному поголовью коров  $x_{16} - x_{43} = 800$

39. По максимальному поголовью коров  $x_{16} \leq 1600$

40. По минимальному поголовью свиней  $x_{17} \geq 2500$

41. По максимальному поголовью свиней  $x_{17} \leq 5700$



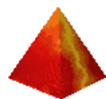
**VIII технологические ограничения по площади посева однородных сельскохозяйственных культур**

42. По минимальной площади зерновых культур

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - x_{42} = 0,4 \cdot 5200$$

43. По максимальной площади зерновых культур

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 0,6 \cdot 5200$$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*

#### VIII технологические ограничения по площади посева однородных сельскохозяйственных культур

44. По площади льна  $x_5 \leq 0,1 \cdot 5200$

45. По площади трудоемких культур  $x_5 + x_6 + x_7 \leq 0,15 \cdot 5200$

46. По площади посева многолетних трав на семена

$$x_{10} \leq 0,15(x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})$$

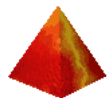
47. По распределению семян многолетних трав

$$4,4x_{10} = 0,12(x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12}) + 0,04(x_{14} + x_{15})$$



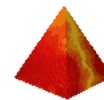
#### XII. По поголовью приплода

48. По поголовью телят  $x_{35} = 0,88x_{16}$



### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*



#### XIII. По реализации продукции

49. По реализации зерна  $26,4x_1 + 28,9x_2 = 5700 + x_{36}$

50. По реализации картофеля  $135x_6 = 24200 + x_{37}$

51. По реализации льносемян  $5,1x_5 \geq 970$

52. По реализации льнотресты  $24x_5 \geq 4400$

53. По реализации молока  $38x_{16} - x_{22} \geq 44000$

54. По реализации свинины (в живом весе)  $1,05x_{17} \geq 3900$



#### XIV. По предельным объемам сбыта продукции

55. По сбыту зерна на бирже  $x_{36} \leq 900$



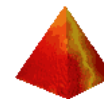
56. По сбыту картофеля на рынки СНГ  $x_{37} \leq 2800$

### 3. Линейно-динамическая модель

*Составляем ограничения задачи:*

**XV. По формированию основных производственных фондов**

**57. По формированию основных производственных фондов предприятия**



$$3,72x_1 + 3,72x_2 + 3,54x_3 + 3,43x_4 + 7,54x_5 + 7,80x_6 + 9,36x_7 + \\ + 2,44x_8 + 2,18x_9 + 2,91x_{10} + 2,44x_{11} + 1,87x_{12} + 1,45x_{13} + 1,5x_{14} + \\ + 2,03x_{15} + 11,4x_{16} + 1,89x_{17} - 0,7x_{42} - 2,3x_{43} \leq 97856 + x_{39}$$



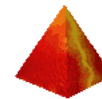
**XVI. По формированию затрат**

**58. По формированию материально-денежных затрат**

$$7,2 \cdot 32,7x_1 + 7,3 \cdot 35,4x_2 + 6,4 \cdot 33,8x_3 + 6,2 \cdot 29,6x_4 + 12 \cdot 24x_5 + \\ + 25 \cdot 6,2x_5 + 3,1 \cdot 215x_6 + 1,2 \cdot 325x_7 + 1,3 \cdot 212x_8 + 2,8 \cdot 42x_9 + \\ + 45,4 \cdot 4,4x_{10} + 1,7 \cdot 110x_{11} + 1,1 \cdot 170x_{12} + 0,8 \cdot 135x_{13} + \\ + 2,2 \cdot 28x_{14} + 0,6 \cdot 96x_{15} + 38 \cdot 9_{16} + 1,05 \cdot 60x_{17} + 50x_{35} = x_{40}$$

### 3. Линейно-динамическая модель

Составляем ограничения задачи:



#### XVII. По формированию выручки

#### 58. По формированию выручки от реализации продукции

$$\begin{aligned} &26,4 \cdot 10x_1 + 28,9 \cdot 11x_2 + 24 \cdot 20x_5 + 5,1 \cdot 45x_5 + 132 \cdot 6x_6 + \\ &+ (38x_{16} - x_{22}) \cdot 14 + 1,05 \cdot 100x_{17} + 150x_{35} + \\ &+ (13 - (10 + 11) / 2)x_{36} + (9 - 6)x_{37} - \\ &- 12x_{18} - 3,5x_{19} - 6,2x_{20} - 7x_{38} = x_{41} \end{aligned}$$

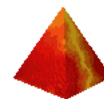
Целевая функция – максимум прибыли

$$F_{\max} = x_{41} - x_{40} + 3,0x_{42} + 8,0x_{43}$$



## 4. Стохастическая модель

Сельскохозяйственное производство подвержено воздействию множества разных случайных, не регулируемых человеком факторов. Среди них особое место занимает природно-экономические факторы и экономическая определенность, которые оказывают существенное влияние на конечные результаты хозяйствования сельскохозяйственных предприятий, т.е. под влиянием неуправляемых факторов происходит колебание урожайностей с/х культур, вызывая колебания кормовой базы животноводства и, следовательно, и продуктивности животных, восстановить уровень которой при стабилизации кормовой базы бывает трудно.



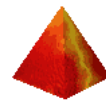
С целью учета неуправляемых человеком факторов при расчетах на перспективу и разработки мероприятий, позволяющих повысить устойчивость с/х производства целесообразно использовать стохастические модели.



## 4. Стохастическая модель



Для построения стохастической модели обычно выделяют три исхода условий производства: благоприятный, средний и неблагоприятный.



Принадлежность к тому или иному исходу определяется по динамике урожайности важнейшей с/х культуры – зерновым. Для этого строят тренд урожайности зерновых культур и по нему исходят отклонения фактической урожайности от тренда. Годы, для которых эти отклонения не превышают 10% (т.е.  $-10\%$  до  $+10\%$ ), относят к среднему исходу. Годы, для которых эти отклонения более  $+10\%$  относят к благоприятному исходу, а годы, для которых эти отклонения более  $-10\%$  относят к неблагоприятному исходу. Вероятность наступления исходов определяют отношением числа лет относящихся к каждому исходу к общему числу лет анализируемого периода.



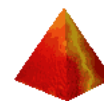
## 4. Стохастическая модель



**Пример:** Используя статистические данные о колеблемости урожайности сельхозкультур за многие годы, можно определить влияние погодных факторов на формирование урожайности. Проанализируем динамический ряд урожайности зерновых культур (имеющих наибольший удельный вес в структуре посевных площадей) в анализируемой организации района за последние 20 лет.

Для выделения случайных отклонений была построена а трендовая производственная функция вида:

$$Y_t = 13,384 + 4,944t - 0,353t^2 + 0,008t^3, \quad \eta = 0,826, \quad F = 8,533.$$



По выравненному ряду урожайности зерновых нашли случайные отклонения:

$$E_t = y_{t \text{ факт.}} - y_{t \text{ расч.}}$$



где  $E_t$  – случайные отклонения урожайности зерновых культур под влиянием погодно-климатических факторов, ц/га;

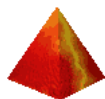
$y_{t \text{ факт.}}$  – фактическое значение результативного фактора, ц/га;

$y_{t \text{ расч.}}$  – расчетное значение результативного фактора, ц/га.

## 4. Стохастическая модель



**Пример:** Построим ранжированный ряд этих отклонений, сгруппировав годы с наибольшими отрицательными, положительными (потерями урожайности более 10%) и средними (до 10%) отклонениями. Найдем среднее значение отклонений урожайности для выделенных исходов ( $E_H$ ,  $E_B$  – соответственно отклонения урожайности в неблагоприятный и благоприятный погодные исходы) и отклонения от среднего исхода ( $E_C$ ):



$$E_H = E_C - E_H = 22,8 - 20,4 = 2,4 \text{ ц/га};$$
$$E_B = E_B - E_C = 26,2 - 22,8 = 3,4 \text{ ц/га}.$$

Определим относительные частоты для каждой группы лет:

$$p_H = 10:20 = 0,5;$$

$$p_C = 6:20 = 0,3;$$

$$p_B = 4:20 = 0,2,$$



где  $p_H$ ,  $p_C$ ,  $p_B$  – соответственно вероятности проявления неблагоприятных, средних и благоприятных погодно-климатических исходов.

## 4. Стохастическая модель

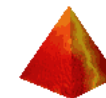


**Пример:** Найдем планируемое значение урожайности зерновых культур для среднего погодного исхода, подставив вместо  $t$  количественное значение планового периода:

$$y_t = 13,384 + 4,944 \cdot 22 - 0,353 \cdot 22^2 + 0,008 \cdot 22^3 = 36,0 \text{ ц/га.}$$

Зная отклонения урожайности зерновых культур от метеорологических факторов, определим урожайность для неблагоприятных и благоприятных исходов:

$$\begin{aligned} y_c &= 36,0, \\ y_6 &= 36,0 + 3,4 = 39,4 \text{ ц/га,} \\ y_H &= 36,0 - 2,4 = 33,6 \text{ ц/га.} \end{aligned}$$



Таким образом, получили **активный условно-вероятностный прогноз урожайности** зерновых культур в бункерном весе. Определим урожайность зерновых культур в амбарном весе:

$$\begin{aligned} y_c &= 36,0 \cdot 0,9 = 32,4 \text{ ц/га,} \\ y_6 &= 39,4 \cdot 0,9 = 35,5 \text{ ц/га,} \\ y_H &= 33,6 \cdot 0,9 = 30,2 \text{ ц/га.} \end{aligned}$$



## 4. Стохастическая модель



**Пример:** Для планирования урожайности по каждой зерновой культуре воспользуемся коэффициентами соотношения их средней урожайности к отдельным видам зерновых в рассматриваемой организации (табл. 2).

**Т а б л и ц а 2.** Перспективная урожайность зерновых культур

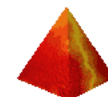
Культуры	Фактическая урожайность в бункерном весе, ц/га	Коэффициент соотношения урожайностей	Перспективная урожайность в амбарном весе, ц/га		
			неблагоприятный исход	средний исход	благоприятный исход
Озимые	36,1	1,062	32,1	34,4	37,7
Яровые	35,1	1,032	31,2	33,4	36,6
Зернобобовые	21,2	0,624	18,8	20,2	22,2
Зерновые, всего	34,0	1,000	30,2	32,4	35,5



## 4. Стохастическая модель



**Пример:** Используя фактические данные урожайности сельхозкультур, построим группировку, группировочным признаком которой станут погодные исходы, выделенные для выращивания зерновых культур (табл. 3).



**Т а б л и ц а 3. Урожайность сельскохозяйственных культур в организации за 20 лет, ц/га**

Сельскохозяйственные культуры и угодья	Исходы		
	неблагоприятный	средний	благоприятный
Зерновые культуры	20,4	22,8	26,2
Картофель	165,2	151,5	138,5
Кормовые корнеплоды	262,6	249,2	203,6
Однолетние травы на зеленый корм	148,8	148,6	150,0
Многолетние травы на сено	29,3	30,9	34,9
Кукуруза на зеленый корм	214,7	218,8	195,7
Сенокосы на сено	22,7	28,2	30,0

## 4. Стохастическая модель

**Пример:** Из таблицы видно, что сельхозкультуры по-разному реагируют на одни и те же метеорологические условия, что связано с биологическими особенностями их выращивания. Так, с повышением урожайности зерновых культур происходит уменьшение урожайности картофеля, корнеплодов, кукурузы на силос. Связь между колебаниями урожайности зерновых и других культур можно выразить через производственную функцию следующего вида:

$$y_x = a_0 x^{a_1},$$

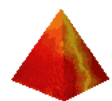


где  $y_x$  – урожайность сельскохозяйственных культур на перспективу, ц/га;

$x$  – перспективная урожайность зерновых культур в конкретном погодном исходе, ц/га.

Для производственных условий сельхозорганизаций района построены производственные функции. Например, для обоснования кукурузы на зеленый корм:

$$y_H = 7,085x^{1,086} \quad \eta = 0,837 \quad F = 26,2$$



$$y_C = 15,235x^{0,827} \quad \eta = 0,883 \quad F = 28,2$$

$$y_B = 18,013x^{0,771} \quad \eta = 0,977 \quad F = 59,9$$



## 4. Стохастическая модель

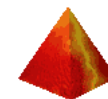
Таким образом, **стохастическая модель** включает 3 основных блока, каждый из которых представлен ограничениями статической модели в разрезе исходов условий производства.



**Исходная информация исходов различается:**

- 1) по урожайности с/х культур;
- 2) по использованию продукции растениеводства;
- 3) по формированию рационов кормления животных.

Ограничения основных блоков связаны ограничениями связующего блока и целевой функцией.



**В связующий блок** входят ограничения по формированию страховых фондов кормов; по равенству площадей посева отдельных с/х культур.

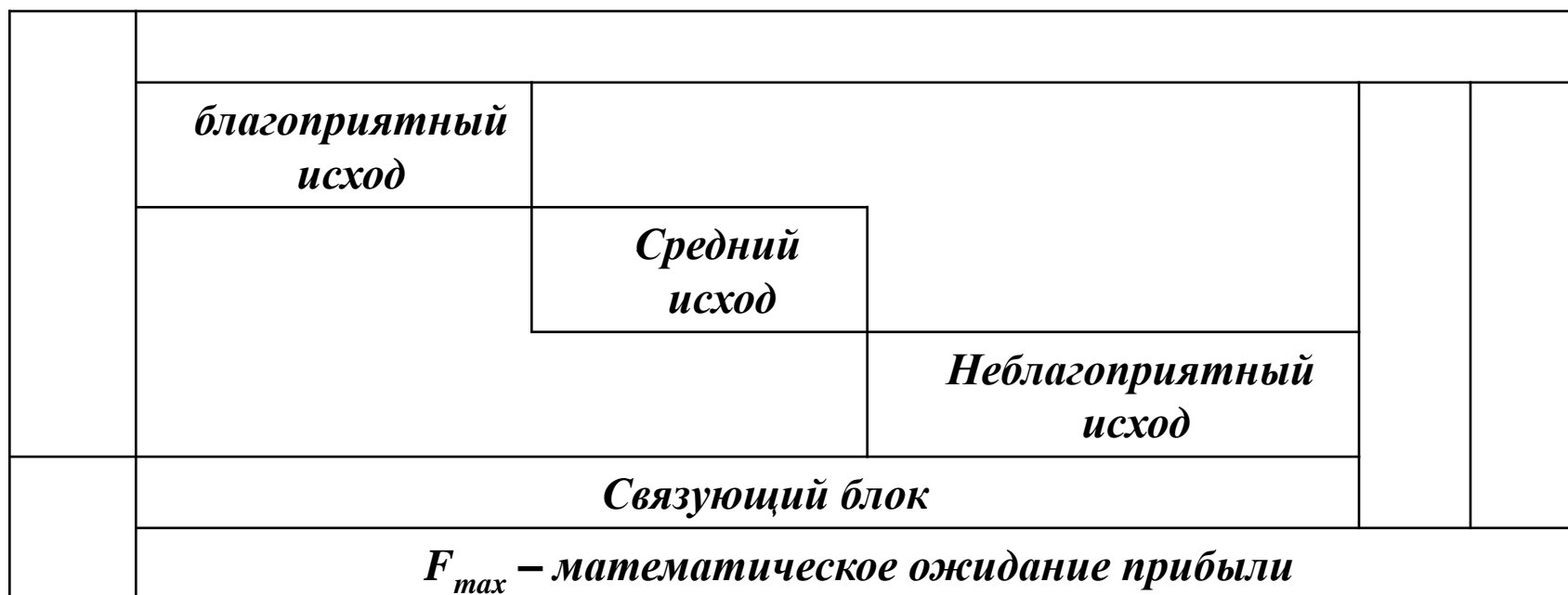
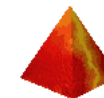
**Целевая функция** представлена математическим ожиданием прибыли, т.е. сумма произведений прибыли предприятия в каждом исходе на вероятность проявления исхода.



## 4. Стохастическая модель



Блок-схема  
стохастической модели:



## 4. Стохастическая модель

Рассмотрим **структурную стохастическую экономико-математическую модель**, в которой требуется обосновать перспективные параметры функционирования сельскохозяйственной организации в условиях погодной неопределенности с целью получения максимума математического ожидания прибыли:

$$F_{\max} = \sum_{t \in T_0} p_t x_t$$

При условиях:

1. По использованию земельных угодий:  $\sum_{j \in J_1} a_{ij} x_{jt} \leq A_i, i \in I_1, t \in T_0$

2. По использованию труда:

$$\sum_{j \in J_0} b_{ijt} x_{jt} \leq B_i + x_{it}, i \in I_2, t \in T_0$$



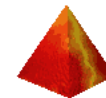
3. По привлечению трудовых ресурсов:  $x_{it} \leq \tilde{B}_{it}, i \in I_4, t \in T_0$



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель

#### 4. По балансу основных видов кормов:



$$\sum_{j \in J_2} W_{hj}^{\min} x_{jt} + \sum_{j \in J_2} x_{hjt} \leq \sum_{j \in J_1} d_{hjt} x_{jt} - W_h + x_{ht} \pm \bar{x}_{ht}, \quad h \in H_4, t \in T_0$$

#### 5. По балансу покупных кормов и кормов животного происхождения:

$$\sum_{j \in J_2} W_{hj}^{\min} x_{jt} + \sum_{j \in J_2} x_{hjt} = \tilde{x}_{ht}, \quad h \in H_2, t \in T_0$$

#### 6. По производству побочных кормов:

$$\hat{x}_{ht} \leq \sum_{j \in J_1} d_{hjt} x_{jt} - W_h, \quad h \in H_3, t \in T_0$$



#### 7. По покупке кормов:

$$x_{ht} \leq E_{ht}, \quad h \in H_1, t \in T_0$$



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель

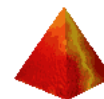
#### 8. По величине скользящей переменной:

$$x_{hjt} \leq (W_{hj}^{\max} - W_{hj}^{\min}) x_{jt}, h \in H_0, j \in J_2, t \in T_0$$



#### 9. По балансу питательных веществ:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_2} W_{ij} x_{jt} \leq & \sum_{j \in J_1} \sum_{h \in H_4} d_{hjt} x_{jt} k_{ih} + \sum_{h \in H_1} k_{ih} x_{ht} + \sum_{h \in H_2} k_{ih} \tilde{x}_{ht} + \sum_{h \in H_3} k_{ih} \hat{x}_{ht} \pm \\ & \pm \sum_{h \in H_6} k_{ih} \bar{x}_{ht} - \sum_{h \in H_5} k_{ih} W_h, i \in I_5, t \in T_0 \end{aligned}$$



#### 10. По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах, обозначенных скользящими переменными:

$$(W_{ij} - \sum_{h \in H_0} W_{hj}^{\min} k_{ih}) x_{jt} \leq \sum_{h \in H_0} k_{ih} x_{hjt}, j \in J_2, i \in I_5, t \in T_0$$



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель

11. Технологические ограничения по площади отдельных сельскохозяйственных культур и размерам отраслей:

$$\tilde{D}_{jt} \leq x_{jt} \leq D_{jt}, j \in J_0, t \in T_0$$



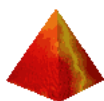
12. Технологические ограничения по площади посева однородных сельскохозяйственных культур:

$$\bar{r}_{ij} A_i \leq \sum_{j_0 \in J_3} a_{ijj_0} x_{jt} \leq r_{ij} A_i, i = 1, j \in J_4, t \in T_0$$

13. По реализации продукции:



$$\sum_{j \in J_0} d_{ijt} x_{jt} - \hat{x}_{it} \geq P_i, i \in I_3, t \in T_0$$



$$\sum_{j \in J_0} d_{ijt} x_{jt} - \hat{x}_{it} = P_i + \sum_{k \in N_0} x_{ikt}, i \in I_3, t \in T_0$$

## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель

14. По предельным объемам сбыта продукции:

$$\tilde{D}_{ik} \leq x_{ikt} \leq D_{ik}, i \in I_3, k \in K_0, t \in T_0$$



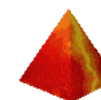
15. По формированию прибыли:

$$\begin{aligned} & \sum_{j \in J_1} p_{jt} x_{jt} + \sum_{j \in J_2} \tilde{p}_{jt} x_{jt} - \sum_{j \in J_1} \sum_{h \in H_4} d_{hjt} x_{jt} c_{ht} - \sum_{h \in H_1} x_{ht} c_{ht} - \sum_{h \in H_2} \tilde{x}_{ht} c_{ht} - \\ & - \sum_{i \in I_4} c_{it} x_{it} + \sum_{k \in K_0} \sum_{i \in I_3} p_{ik} x_{ikt} = x_t, t \in T_0; \end{aligned}$$



16. По формированию стабилизационного фонда кормов:

$$\left( + \right) \sum_{t \in T_0} f_h \bar{x}_{ht} = \left( - \right) \sum_{t+1 \in T_0} f_h \bar{x}_{ht+1}, \quad h \in H_6$$

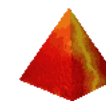


## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель

#### 17. По равенству отраслей в различных погодных исходах:

$$\sum_{t \in T_0} x_{jt} = \sum_{t+1 \in T_0} x_{jt+1}, \quad j \in J_0$$



$$\sum_{j^0 \in J_3} \sum_{t \in T_0} x_{jj^0 t} = \sum_{j^0 \in J_3} \sum_{t+1 \in T_0} x_{jj^0 t+1}, \quad j \in J_1$$

#### 18. Не отрицательность переменных:

$$x_{jt}, x_{ht}, \tilde{x}_{ht}, \hat{x}_{ht}, x_{ti}, \hat{x}_{it}, x_{ikt}, x_{hjt}, x_{jj^0 t}, \bar{x}_{ht}, x_t \geq 0.$$



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель



#### Индексация:

$j$  - номер сельскохозяйственных культур и отраслей;

$J_0$  - множество сельскохозяйственных культур и отраслей;

$J_1$  - множество отраслей растениеводства,  $J_1 \subset J_0$ ;

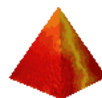
$J_2$  - множество отраслей животноводства,  $J_2 \subset J_0$ ;



$j^0$  – номер сельскохозяйственных культур однородной группы,  
 $j^0 \subset j$

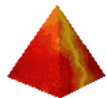
$J_3$  - множество сельскохозяйственных культур однородной группы,  $J_3 \subset J_1$ ;

$J_4$  - множество групп однородных сельскохозяйственных культур,  
 $J_4 \subset J_1$ ;



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель



#### Индексация:

$i$  - номер ограничений – видов земельных угодий, труда, питательных веществ, видов продукции;

$I_1$  - множество видов земельных угодий;

$I_2$  - множество видов труда;

$I_3$  - множество видов товарной продукции;

$I_4$  - множество видов привлеченного труда;

$I_5$  - множество видов питательных веществ;

$t$  – номер погодного исхода;

$T_0$  – множество погодных исходов;

$h$  – номер вида корма;

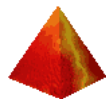
$H_0$  – множество видов кормов;

$H_1$  – множество покупных кормов,  $H_1 \subset H_0$



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель



#### Индексация:

$H_2$  – множество кормов животного происхождения, покупных кормов,  
 $H_2 \subset H_0$

$H_3$  – множество побочных кормов,  
 $H_3 \subset H_2$



$H_4$  – множество собственных основных кормов,  
 $H_4 \subset H_0$

$H_5$  – множество собственных основных кормов, выделяемых на внутрихозяйственные нужды,  
 $H_5 \in H_4$

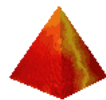
$H_6$  – множество собственных кормов, выделяемых в стабилизационный фонд,  
 $H_6 \in H_4$

$k$  - номер канала сбыта продукции;

$K_0$  - множество каналов сбыта продукции.



## 4. Стохастическая модель



### Неизвестные величины:



$x_{jt}$  — размер отрасли вида  $j$  в погодный исход вида  $t$ ;

$x_{ht}$  — количество покупных кормов вида  $h$  в погодный исход вида  $t$ ;

$\tilde{x}_{ht}$  — количество кормов животного происхождения и покупных вида  $h$  в погодный исход вида  $t$ ;

$\hat{x}_{it}$  — количество товарной продукции вида  $i$ , которая одновременно может быть реализована и использована на корм скоту в погодный исход вида  $t$ ;

$x_{ikt}$  — количество товарной продукции вида  $i$ , реализуемой по каналу сбыта вида  $k$  в погодный исход вида  $t$ ;

$\hat{x}_{ht}$  — количество побочных кормов вида  $h$  в погодный исход вида  $t$ ;

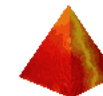
$x_t$  — прибыль организации в погодный исход вида  $t$ ;



## 4. Стохастическая модель



### Неизвестные величины:



$\bar{x}_{ht}$  – количество собственных кормов вида  $h$ , выделяемых в стабилизационный фонд или изымаемых из стабилизационного фонда в погодный исход вида  $t$ ;

$x_{it}$  – количество привлеченного труда вида  $i$  в погодный исход вида  $t$ ;

$x_{hjt}$  – скользящая переменная по корму вида  $h$  для животных или половозрастной группы скота вида  $j$  в погодный исход вида  $t$ .

$x_{jj^0t}$  – размер отрасли вида  $j$ , относящейся к отраслям однородной группы вида  $j^0$  в погодный исход вида  $t$ ;



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель

#### Известные величины:

$A_i$  – ресурсы земельного угодья вида  $i$ ;

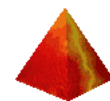
$B_i$  – ресурсы труда вида  $i$ ;

$P_i$  – план продажи продукции вида  $i$ ;

$W_h$  – расход корма вида  $h$  на внутривладельческие нужды;



$\tilde{B}_{it}$  – привлеченный труд вида  $i$  в погодный исход вида  $t$ ;



$\tilde{D}_j, D_j$  – соответственно минимальный и максимальный размеры отрасли вида  $j$ ;

$E_{ht}$  – максимальное количество покупки корма вида  $h$  в погодный исход вида  $t$ ;



$\tilde{D}_{ik}, D_{ik}$  – соответственно минимальный и максимальный объемы продукции вида  $i$ , реализованного по каналу сбыта вида  $k$ ;

## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель

#### Известные величины:

$a_{ij}$  – расход земельного угодья вида  $i$  на единицу отрасли растениеводства вида  $j$ ;

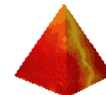
$a_{ijj^0}$  – расход земельного угодья вида  $i$  на единицу сельскохозяйственной культуры вида  $j$ , относящейся к однородной группе сельскохозяйственных культур вида  $j^0$ ;

$b_{ij}$  – расход труда вида  $i$  на единицу отрасли вида  $j$ ;

$d_{hjt}$  – выход корма вида  $h$  от единицы отрасли растениеводства вида  $j$  в погодный исход вида  $t$ ;

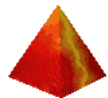
$W_{hj}^{\min}$ ,  $W_{hj}^{\max}$  – соответственно минимальный и максимальный расходы корма вида  $h$  на единицу отрасли животноводства вида  $j$ ;

$d_{ijt}$  – выход товарной продукции вида  $i$  с единицы отрасли вида  $j$  в погодный исход вида  $t$ ;



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель



#### Известные величины:



$W_{ij}$  — расход питательного вещества вида  $i$  на единицу отрасли животноводства вида  $j$ ;

$k_{ih}$  — содержание питательного вещества вида  $i$  в единице корма вида  $h$ ;

$\tilde{r}_{ij}, r_{ij}$  — соответственно минимальная и максимальная доли культур вида  $j$  по земельному угодию вида  $i$ ;

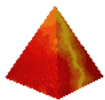
$p_{jt}$  — прибыль в расчете на единицу отрасли растениеводства вида  $j$  в погодный исход вида  $t$ ;

$\tilde{p}_{jt}$  — прибыль без учета стоимости кормов на единицу отрасли животноводства  $j$  вида в погодный исход вида  $t$ ;



## 4. Стохастическая модель

### Структурная стохастическая экономико-математическая модель



#### Известные величины:

$C_{ht}$  — себестоимость (цена) единицы корма вида  $h$  в погодный исход вида  $t$ ;

$C_{it}$  — дополнительные затраты на единицу привлеченного труда вида  $i$  в погодный исход вида  $t$ ;

$P_{ik}$  — превышение цены реализации товарной продукции вида  $i$  при сбыте ее по каналу вида  $k$ ;

$f_h$  — естественная убыль корма вида  $h$  при хранении;

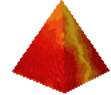
$p_t$  — вероятность проявления погодного исхода вида  $t$ .



## 4. Стохастическая модель



Решив стохастическую задачу можно обеспечить более устойчивое развитие производства путем:



- 1. создания стабилизационных фондов кормов, которые формируются в благоприятные исходы для использования их в неблагоприятные;
- 2. подбора такой структуры посевных площадей, при которой культуры с взаимозаменяемой продукцией и различной реакцией на природно-климатические факторы находятся в оптимальном соотношении;
- 3. изменения норм кормления и структуры рационов животных в разных условиях производства;
- 4. обоснование наилучшего варианта производства продукции в ассортименте и каналов ее сбыта.

