Тема 16. **Имитационные модели объектов АПК**

1. Понятие об имитационных моделях. Особенности целей моделирования.
2. Основное предположение имитационного моделирования.
3. Основы методологии разработки имитационных моделей.
4. Структура имитационной модели АПК региона по С.О. Сиптицу.

© Н.М. Светлов, 2006

1. Понятие об имитационных моделях

- Имитационная модель:
  - предназначена для имитации функционирования объекта моделирования;
  - не зависит от конкретной цели, для которой предпринимается имитация;
  - используется для постановки на ней компьютерных экспериментов (машинной имитации).

1. Понятие об имитационных моделях

- Имитационная модель:
  - представляет собой описание структуры моделируемого объекта, достаточное для воспроизведения существенных черт его поведения;
  - конструируется таким образом, чтобы в процессе моделирования ей могла быть сообщена цель моделирования.
- Способы использования (приёмы машинной имитации):
  - случайные испытания (метод Монте-Карло);
  - сценарный метод;
  - отыскание критических значений параметров модели;
  - поиск оптимума некоторой целевой функции.

1. Понятие об имитационных моделях

- Формы представления, используемые при имитационном моделировании:
  - алгоритмическая система (чаще всего);
  - целенаправленная система ⇒ *оптимальная*;
  - конкурентная система ⇒ *равновесная*;
  - форма *неоптимальной системы* используется в процессе компьютерного эксперимента, если вводится целевая функция, отражающая внешнюю (вменённую) цель функционирования системы, достигаемая посредством управления.

2. Основное предположение имитационного моделирования

ЕСЛИ

Модель достаточно точно описывает *репрезентативное* подмножество возможных состояний объекта моделирования

Можно указать границы значений переменных, в которые укладывается данное подмножество

Нет прямых оснований считать, что отношения между переменными в этих границах могут быть существенно различными

ТО

Предполагается, что модель описывает все состояния в заданных границах

Предположение считается верным до тех пор, пока не будет опровергнуто опытом

В последнем случае модель дорабатывают

Отсюда – неизбежный и не поддающийся оценке риск ошибки

3. Основы методологии разработки имитационных моделей

1. Системный анализ объекта моделирования
   - Результат – знание ***структуры*** объекта
2. Разработка системы переменных
   - Результат – описание переменных модели с подразделением на:
     - *входные* (*экзогенные*), *промежуточные* и *выходные* (*эндогенные*);
     - управляемые и неуправляемые.
   - Если место переменной *в потоке данных* зависит от цели компьютерного эксперимента, это должно быть указано в сопроводительной документации к модели
3. Математическое описание связей между переменными
   - Результат – математическая запись модели

3. Основы методологии разработки имитационных моделей

4. Предварительное обоснование значений параметров модели
   - Результат – грубая оценка параметров модели, достаточная для целей отладки её программной реализации.
   - Источники – литература, экспертные знания, сопоставление со значениями известных параметров, статистическая оценка.
5. Упрощение математической записи
6. Программирование модели
   - Результат – программный продукт, при помощи которого планируется осуществлять компьютерные эксперименты на модели.

3. Основы методологии разработки имитационных моделей

7. Отладка модели
   - Устранение ошибок программирования.
8. Параметрическая идентификация
   - Результат – подбор значений параметров модели, при которых модель даёт наилучшие результаты на имеющейся базе данных о фактических состояниях объекта моделирования.
   - Могут использоваться как формализованные (метод наименьших квадратов и т.п.), так и неформальные (ручной подбор) методы.
   - Параметры, значения которых известны a priori, не подлежат идентификации.
   - Если модель допускает декомпозицию, идентифицировать лучше каждую субмодель отдельно.
9. Эксплуатация модели

3. Основы методологии разработки имитационных моделей

Требования к соотношениям, используемым в имитационных моделях

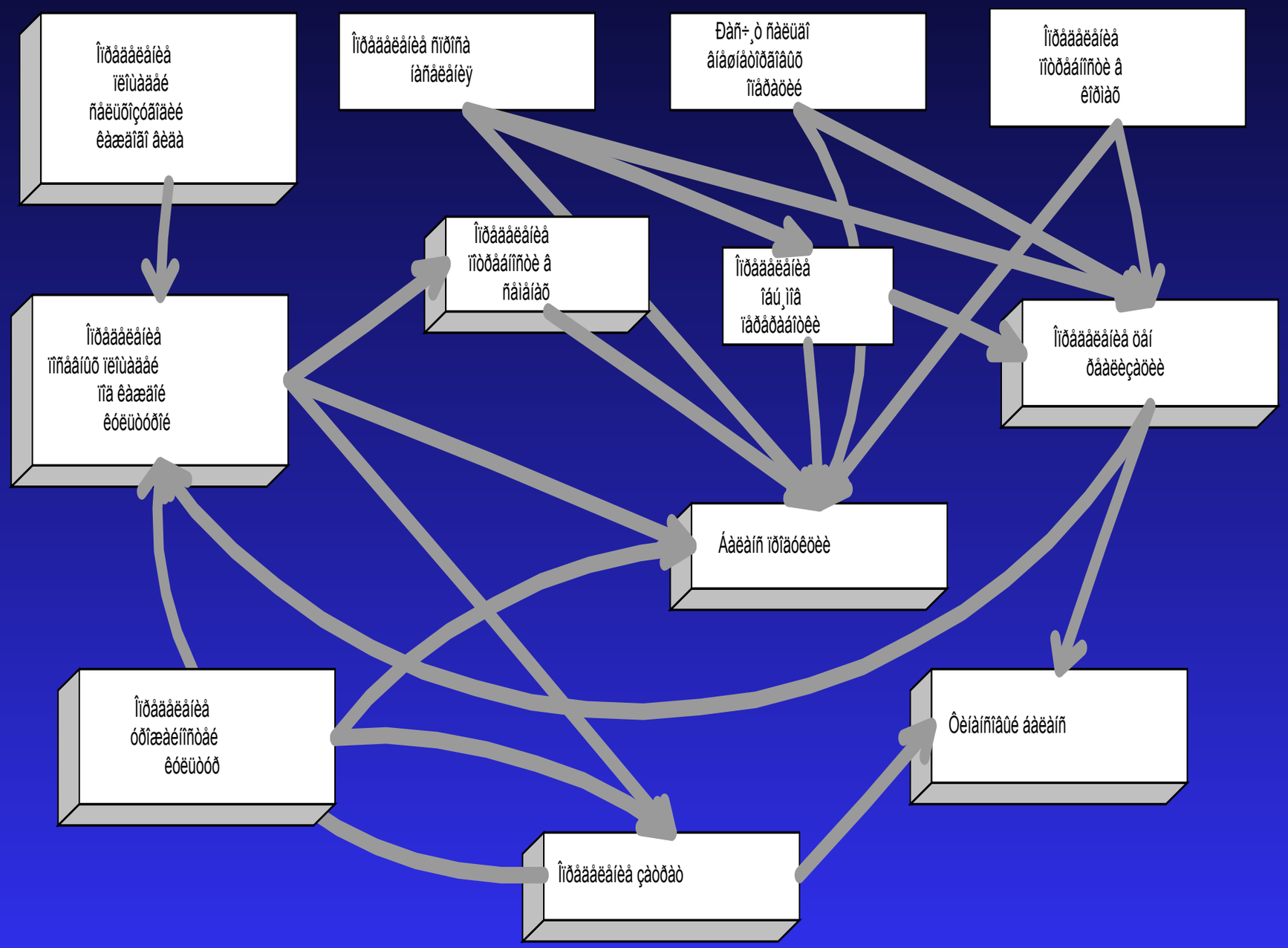
- Должны быть разрешимы относительно любой входящей в них переменной, причём решение должно быть единственным
- Должны иметь простой и понятный экономический смысл
- Не должны быть слишком длинными
- Все переменные и параметры должны иметь единицы измерения, соответствующие их смыслу
- Должны быть непрерывными и дифференцируемыми

Не являются безусловными, но должны выполняться по мере возможности

4. Структура имитационной модели АПК региона

- Модель *макроэкономическая*
- Состоит из подсистем растениеводства и животноводства
- Каждая из подсистем состоит из ряда субмоделей
- Каждая субмодель может быть представлена одним из экземпляров коллекции моделей, выбор которого зависит:
  - от наличия исходных данных;
  - от требуемой точности расчётов;
  - от поддерживаемых конкретной субмоделью направлений потока данных;
  - от имеющихся инструментальных средств реализации модели.

4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство



4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- На схеме отражены логические связи, а не потоки данных.
  - Потоки данных определяются тем, какие данные известны при компьютерном эксперименте, а какие нет.
  - Не все направления потоков данных могут быть реализованы:
    - некоторые не реализуются вообще;
    - другие реализуются только при подключении подходящих экземпляров из коллекций субмоделей отдельных процессов.
  - Направления потока данных, соответствующие логическим связям, реализуются гарантированно.
- В трёхмерных блоках компоненты модели растениеводства, в двумерных — компоненты других моделей.

4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- <u>Пример 1</u>: простейший экземпляр коллекции моделей прогнозирования площади сельхозугодий

$$\omega_{k+1} = \omega_k (1 - a_1)\cdot(1 + m_k/\omega_k)^{a_2}\cdot(1 + m_{k+1}/m_k)^{a_3}$$

ω_k — ïëîùàäüïàøíèâïåðèîäk; m_k — îáú¸ìêàïèòàëüíûõâëîæåíèéâóëó÷øåíèåçàìëèïîäíÿòèåöåëèíû (âñîïîñòàâèìûõöåíàõ) âïåðèîäk; $a_1 \ldots a_3$ — ïàðàìåòðû.

Проверка единиц измерения:

$$\ln(\omega_{k+1}) =$$
$$= \ln(\omega_k) + \ln(1 - a_1) + a_2\cdot\ln(1 + m_k/\omega_k) + a_3\cdot\ln(1 + m_{k+1}/m_k)$$

$$\ln(\tilde{a}\grave{a}) = \ln(\tilde{a}\grave{a}) + \ln(\tilde{a}\grave{a}) +$$
$$+ \mathbf{[\ln(\tilde{a}\grave{a})/\ln(\eth\acute{o}\acute{a}/\tilde{a}\grave{a})]}\cdot\ln(\eth\acute{o}\acute{a}/\tilde{a}\grave{a}) + \mathbf{[\ln(\tilde{a}\grave{a})/\ln(\eth\acute{o}\acute{a}/\tilde{a}\grave{a})]}\cdot\ln(\eth\acute{o}\acute{a}/\tilde{a}\grave{a})$$

4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- <u>Пример 2</u>: простейший экземпляр коллекции моделей урожайности культур

$$Ó_{ik+1} = Ó_{ik} \prod_{\varphi} (Ô_{\varphi k+1} / Ô_{\varphi k})^{a_{ôi}}$$

$Ó_{ik}$ — óðîæàéí î ñòü êóëüòóðû i â ï åðèî ä k; $Ô_{\varphi k}$ — èí òåãðàëüí àÿ î öåí êà ô àêòî ðî â ãðóï ï ûØâ ï åðèî äå k; a_{φ} — ï àðàì åòð, õàðàêòåðèçóþ ù èé âëèÿí èå ô àêòî ðà Øí à óðî æàéí î ñòü êóëüòóðû i.

Ãðóï ï ûØô àêòî ðî â:

a) ì åëèî ðàòèâí ûå ðàáî òû: òåððàñèðî âàí èå ñêëî í î â, áî ðüáà ñ î âðàãàì è, î ï î ëçí ÿì è, âî äí î é ýðî çèåé (ðåãóëèðî - âàí èå ñòî êà ðåê, óêðåï ëåí èå áåðåãî â);
b) ðàáî òû ï î ï î âû ø åí èþ ï ëî äî ðî äèÿ ï î ÷â: âí åñåí èå óäî áðåí èé (î ðãàí è÷åñêèõ è ì èí åðàëüí ûõ), èçâåñòêî âàí èþ, ãèï ñî âàí èþ;
c) ðàáî òû ï î áî ðüáå ñ ñî ðí ÿêàì è, âðåäèòåëÿì è è áî ëåçí ÿì è;
d) î ñí àù ¸í í î ñòü óãî äèé òåõí è÷åñêèì è ñðåäñòâàì è ï î âèäàì;
e) î ñí àù ¸í í î ñòü óãî äèé î áúåêòàì è èí æåí åðí î é è ñî öèàëüí î é èí ô ðàñòðóêòóðû;
f) ô àêòî ðû òðóäà: î áåñï å÷åí í î ñòü òðóäî âû ì è ðåñóðñàì è, î öåí êà êà÷åñòâà òðóäà;
g) ô àêòî ðû òåêóù è õ çàòðàò: î áåñï å÷åí í î ñòü ô èí àí ñî âû ì è ðåñóðñàì è, î áåñï å÷åí í î ñòü ÃÑÌ;
h) áè î ëî ãè÷åñêè é ï î òåí öèàë: êà÷åñòâî ñàì åí í î ãî (ï î ñàäî ÷í î ãî) ì àòåðèàëà.

4. Структура имитационной модели АПК региона: животноводство

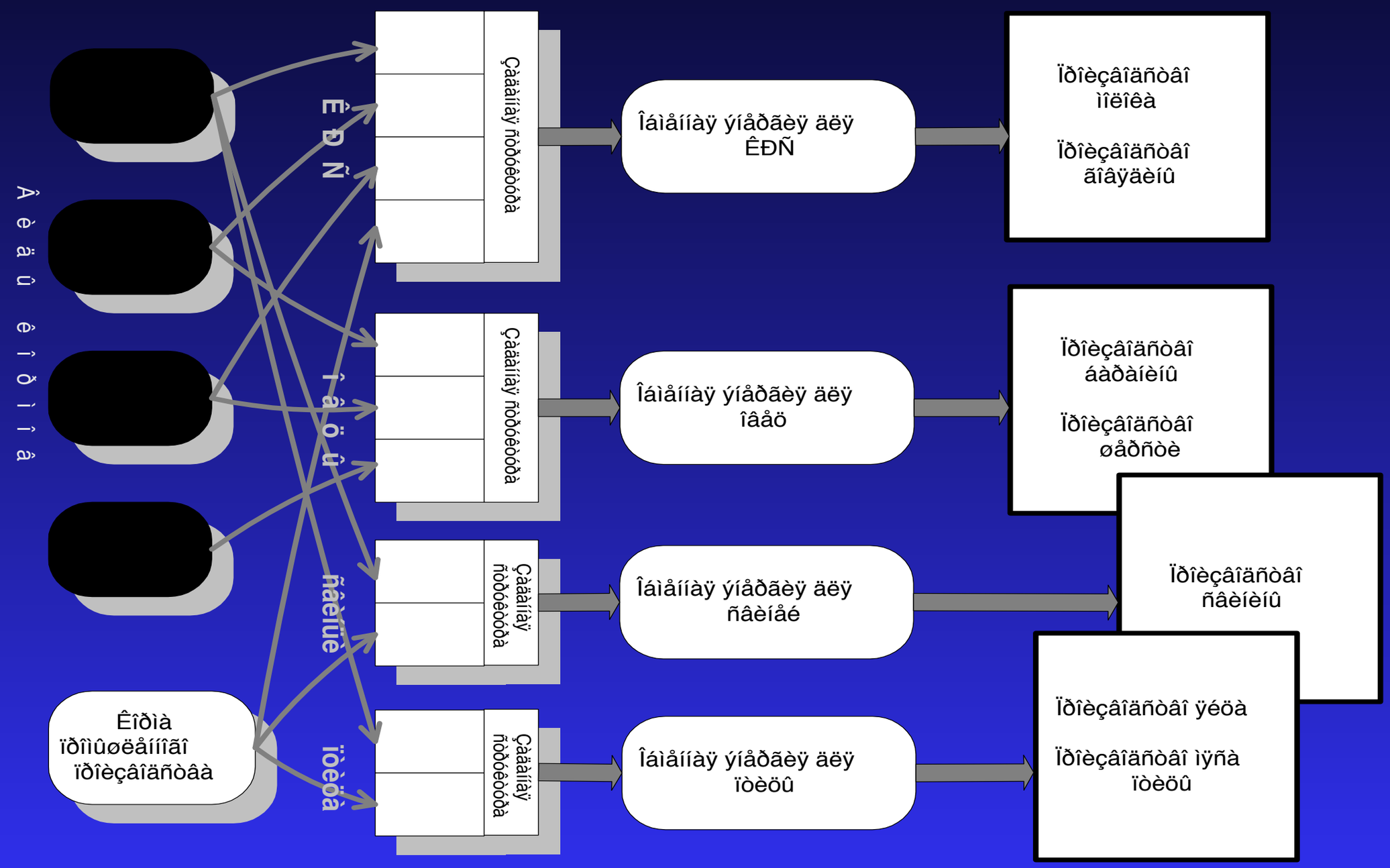
4. Структура имитационной модели АПК региона: животноводство

- Пример 3: расчёт максимально достижимого надоя на имеющейся кормовой базе при кормлении до уровня насыщения

$$U^d = \frac{0.001425\mu\rho^2 - 0.456\rho - 0.005187\mu\rho}{3 - 0.0057\rho^2}$$

U^d — ìàêñèìàëüíî äîñòèæèìûé ñóòî÷íûé óäîé (êã/ãîëî), μ — ñðåäíÿÿ æèâàÿ ìàññà ìîëî÷íîé êîðîâû (êã), ρ — ñðåäíåå ñîäåðæàíèå îáìåííîé ýíåðãèè â 1 êã ñóõîãî âåùåñòâà ðàöèîíà, $\grave{I}$ $\ddot{A}æ$.

4. Структура имитационной модели АПК региона: кормовой баланс



Литература

- *Франс Дж., Торнли Дж.* Математические модели в сельском хозяйстве. М.: Агропромиздат, 1987.
- *Огнивцев С.Б., Сиптиц С.О.* Моделирование АПК: методология, теория, практика. М.: Энциклопедия российских деревень, 2003.
- Презентация: http://svetlov.timacad.ru/umk1/lek16.ppt