

Департамент кадровой политики и образования
Министерства сельского хозяйства Российской Федерации
Московская сельскохозяйственная академия имени
К.А. Тимирязева

Кафедра экономической кибернетики

Н.М. Светлов

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕЛЕЙ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Лекция по курсу «Системный анализ»
для студентов специальностей
«Математические методы в экономике»
и «Прикладная информатика в экономике АПК»
сельскохозяйственных вузов

Издание 2, исправленное и дополненное

МОСКВА Издательство МСХА 2003

УДК 631.155.12
ББК
С-

В лекции излагается теоретико-системный подход к исследованию целей аграрного производства. Анализируется логическая структура научной категории «цель», обоснована объективная природа целей экономических систем, рассмотрены типы поведения систем, в т.ч. целенаправленного. Дается характеристика методов изучения целей экономических систем. Рассмотрены и классифицированы показатели, характеризующие целесообразность поведения, указаны проблемы, возникающие при использовании конкретных целей в качестве целевых функций оптимизационных экономико-математических моделей. Выявлены взаимосвязи и противоречия между целями аграрного производства. Изложен метод обоснования системы целей инвестиционных программ и проектов.

Лекция представляет интерес не только для студентов, но и для аспирантов и научных работников, занимающихся разработкой экономико-математических моделей аграрных экономических систем.

Рецензент: профессор Ю.И. Копёнкин

ISBN 5-7230-0369-0

© Н.М. Светлов, 2003

Введение

Проблема целей аграрного производства — важнейшее приложение теории систем в области сельского хозяйства. Хозяйственные решения в АПК и его подсистемах должны приниматься исходя из целей его функционирования. Помимо естественного противоречия целей сельскохозяйственного производства и лиц, принимающих решения, достижению этого идеала препятствуют:

- ♦ неполнота накопленных научных знаний о целях сельскохозяйственного производства;
- ♦ системная природа АПК, его сложная структура, следствием которой является существование относительно самостоятельных целей его подсистем;
- ♦ динамичный характер целей сельскохозяйственного производства как системы и целей его подсистем, их постоянное изменение в меняющихся условиях экономической, правовой, социальной, технологической и политической среды.

На практике цель управления, как правило, определяется личными представлениями субъекта управления. Во многих случаях, когда система призвана служить интересам данного субъекта (например, является его собственностью), эта ситуация естественна. Однако при управлении крупными народнохозяйственными комплексами она часто демонстрирует свою порочность, проявления которой — такие негативные явления, как социальная напряжённость, ухудшение состояния окружающей среды и т.п.

Поэтому актуальна задача широкого внедрения строго научного подхода к изучению целей систем, в которых осуществляется процесс аграрного производства, в первую очередь целей АПК страны. Цель лекции — изложение сложившихся в теории систем методологических подходов, используемых при решении данной задачи.

Изучая лекцию, следует принимать во внимание, что исследование целей аграрных систем — новое и весьма сложное научное направление. Наряду с представленным в лекции подходом, в основе которого лежат исследования биологов Н.А. Бернштейна и Л. Берталанфи, математиков А.Н. Колмогорова и Н.Н. Моисеева, существуют и развиваются другие подходы к исследованию про-

блемы целей (А.Г. Аганбегян, А.Г. Гранберг, Ю.Н. Гаврилец, А.Г. Фонов).

Изучение лекции и ознакомление с рекомендуемой литературой рассчитано на 6 часов самостоятельной работы студента.

1. Основные понятия и определения

Теория систем оперирует категориями высокой степени общности, наделёнными сложным и не вполне определённым смыслом. Определения терминов, используемые в лекции, сужают и формализуют смысл соответствующих категорий, выделяя стороны их содержания, наиболее существенные для изложения методологии исследования целей аграрного производства.

Система — совокупность взаимосвязанных и целесообразно взаимодействующих элементов.

Структура системы — свойство системы реализовывать множество отношений Q на множестве переменных X . Следовательно, конкретная структура может быть представлена дуплетом $\langle Q, X \rangle$.

О системах A и B говорят, что они имеют одинаковую структуру в смысле $\langle Q_A, X_A, Q_B, X_B \rangle$, или что системы A и B *изоморфны* в смысле $\langle Q_A, X_A, Q_B, X_B \rangle$, если:

- ♦ системе A , наряду с другими отношениями, присущи отношения $q_A \in Q_A$ на множестве переменных X_A ;
- ♦ системе B , наряду с другими отношениями, присущи отношения $q_B \in Q_B$ на множестве переменных X_B ;
- ♦ каждым $x_A \in X_A$ и $q_A \in Q_A$ можно поставить в соответствие $x_B \in X_B$ и $q_B \in Q_B$ таким образом, что если некоторое $q_A \in Q_A$ отображает x_A^1 на x_A^2 , то соответствующее $q_B \in Q_B$ отображает x_B^1 , соответствующий x_A^1 , на x_B^2 , соответствующий x_A^2 .

Каждый реальный объект вкупе со своими свойствами может быть представлен в виде различных дуплетов $\langle Q, X \rangle$ в зависимости от цели его исследования и уровня абстракции. Например, сельскохозяйственное предприятие рассматривается как система в одном случае производственная, в другом — организационная, в третьем — социальная, в четвёртом — информационная. В общем случае объект может быть рассмотрен в стольких качествах, сколькими способами можно установить соответствие структур (изоморфизм) между ним и его абстрактными идеальными моделями. Говоря об объекте как о системе, будем считать, что дуплет $\langle Q, X \rangle$ определён.

Энтропия — свойство системы, состоящее в неопределённости её состояния в данный момент. *Полная энтропия* (E) характеризует неопределённость системы при отсутствии любой информации о состоянии этой системы и её среды, но наличии информации о $\langle Q, X \rangle$. *Условная энтропия* имеет место, когда наряду с $\langle Q, X \rangle$ известны некоторые x для данного и (или) предшествующих ему моментов времени. *Свобода системы* (E_F) в данных условиях среды — это энтропия её управляющей подсистемы в случае, если заданы дуплет $\langle Q, X \rangle$, значения переменных x и переменных среды данной системы x_U в момент времени, непосредственно предшествующий данному. Если все x дискретны, энтропия измерима, но сопоставление количественного выражения энтропии для систем с отличающейся структурой неправомерно.

Поведение системы — траектория, описываемая точкой, отображающей состояние системы $\langle Q, X \rangle$ в её *пространстве состояний*, задаваемом координатами $(x_1 \dots x_n, t)$, где $\{x_1 \dots x_n\} = X$.

Память (X_M) — совокупность переменных системы, значения которых представляют собой мультиплеты, включающие значения некоторых переменных системы и среды в исходной ситуации, выбранный вариант поведения, значения некоторых переменных системы и среды после реализации выбранного варианта поведения.

2. Цель как системная категория

Термин «цель» обыкновенно используется в двух значениях.

Во-первых, для обозначения цели какой-либо системы, обладающей свободой воли: например, цель предпринимателя — получение максимальной прибыли. В этом случае подразумевается, что цель — это желаемое состояние, на достижение которого направлена деятельность системы.

Во-вторых, для обозначения объективной реальности, существующей помимо чьей бы то ни было воли — например, такую цель имеют в виду, когда говорят о целесообразности биологических систем. Цель в этом смысле представляет собой объективный закон, который может реализовываться как посредством деятельности субъектов, наделённых свободой воли, так и вопреки их деятельности либо вообще без их участия.

Далее термин «цель» будет использоваться в лекции только во втором значении.

Исходная посылка категорийного анализа термина «цель» состоит в том, что способность систем к воспроизводству их собственного бытия неодинакова: одни системы существуют миллионы лет, другие — ничтожные доли секунд; одни малочисленны, другие уникальны; одними мы повседневно окружены, другие практически никогда не наблюдаем.

Замеченное различие — следствие различий в законах поведения систем. Поведение одних систем препятствует их исчезновению, других — нет.

Отсюда первое, грубое представление о содержании понятий «цель» и «целесообразность»:

- ♦ объективная цель системы состоит в сохранении и воспроизводстве её существования;

- ♦ целесообразность системы состоит в содействии сохранению и воспроизводству её существования.

При наличии полной информации о влиянии конкретного поведения системы на сохранение и воспроизводство её существования цель системы в каждый момент времени может быть представлена в форме *оптимального вектора преобразования* в пространстве состояния системы. Этот вектор соединяет точку, соответствующую состоянию системы в текущий момент времени, с точкой, соответствующей состоянию, наилучшему (с позиций объективной цели) из числа достижимых к следующему моменту времени.

Целесообразность (в данном понимании) может проявляться в форме стабильности структуры системы (т.е. в форме её *гомеостаза*) и в форме экспансии. Гомеостаз предполагает, что вероятность прекращения существования данной структуры достаточно низка при любом состоянии среды и особенно низка при наиболее вероятных состояниях. Экспансия подразумевает, что данная структура имеет тенденцию к распространению на всё большее число элементов. Ни одно из данных проявлений целесообразности не может считаться исключительным.

Цель и целесообразность — это категории, присущие не объекту, а системе. Действительно, представление о цели зависит от $\langle Q, X \rangle$. Часто оказывается, что поведение некоторого объекта,

представимого, в зависимости от целей исследования, в форме двух систем $\langle Q_1, X_1 \rangle$ и $\langle Q_2, X_2 \rangle$, может обеспечивать стабильность одной из них и не обеспечивать стабильность другой.

Оптимальные векторы преобразования, описывающие объективные цели различных систем, могут быть взаимозависимыми. Приведём примеры.

1. Для многих высокоорганизованных объектов можно выделить структуры, являющиеся условием существования других структур, соответствующих более высокому уровню организации. Например, нарушение биологической структуры человеческого организма может повлиять на возможности сохранения структур, описывающих личность как социальный и культурный феномен, но (в общем случае) не наоборот. В этом случае структуры допускают упорядочение в виде иерархии по признаку обусловленности существования.

2. Структуры некоторых объектов взаимно обуславливают друг друга. Разрушение любой структуры сельскохозяйственного предприятия — производственной, организационной, социальной, информационной, финансовой, управленческой — по истечении более или менее продолжительного времени неизбежно приведёт к разрушению остальных структур.

3. Часто оказывается, что стабильность и способность к экспансии зависят от того, входит ли система в некоторую другую систему или нет — например, входит ли крестьянское хозяйство в кредитный кооператив. Или, наоборот, от того, входит ли определённый элемент в данную систему — к примеру, имеется ли перерабатывающий цех на животноводческом сельхозпредприятии.

4. Целесообразность поведения системы может зависеть от того, влияет на данную систему или её среду другая система или нет. Пример — имеется или нет железнодорожная станция вблизи данного сельскохозяйственного предприятия.

Во всех примерах, приведённых выше, существование структуры $\langle Q_1, X_1 \rangle$ обусловлено существованием другой структуры $\langle Q_0, X_0 \rangle$. Для анализа взаимообусловленности целей рассмотрим $\langle Q_2, X_2 \rangle = \langle Q_1 \cup Q_0, X_1 \cup X_0 \rangle$ — структуру, наследующую свойства обеих взаимосвязанных структур. Тогда имеет место $E_F(\langle Q_2, X_2 \rangle) \geq \max(E_F(\langle Q_0, X_0 \rangle), E_F(\langle Q_1, X_1 \rangle))$, т.е. свобода обобщённой

структуры не меньше свободы каждой из частных структур. В этом случае цель, соответствующая структуре $\langle Q_2, X_2 \rangle$, выраженная в форме оптимального вектора преобразования в пространстве состояния переменных X_1 , тождественна цели, соответствующей структуре $\langle Q_1, X_1 \rangle$. Она же, выраженная в форме оптимального вектора преобразования в пространстве состояния переменных X_0 , тождественна цели, соответствующей структуре $\langle Q_0, X_0 \rangle$. Следовательно:

- ♦ цели структур, существование одной из которых обусловлено существованием другой, непротиворечивы;

- ♦ независимая реализация обеих целей оказывается возможной благодаря тому, что они реализуются (т.е. воплощаются в поведение) в разных (хотя, возможно, и пересекающихся) пространствах состояния;

- ♦ выражение цели в форме оптимального вектора преобразования в пространстве состояния переменных $X_0 \cap X_1$ одинаково для всех трёх структур.

При этом не имеет значения:

- ♦ описывают ли структуры $\langle Q_0, X_0 \rangle$ и $\langle Q_1, X_1 \rangle$ один и тот же объект или разные;

- ♦ имеет ли место обусловленность существования структуры $\langle Q_0, X_0 \rangle$ существованием структуры $\langle Q_1, X_1 \rangle$.

На практике конфликт целей между системами, существование которых взаимообусловлено, — явление обыденное. Причина этого в том, что субъективные цели либо другие законы, определяющие поведение систем, отличаются от объективной цели.

3. Целесообразность и поведение системы

Способность системы к сохранению и воспроизводству собственного существования определяется алгоритмом её поведения.

Если энтропия системы при заданных условиях среды равна нулю (т.е. система не обладает свободой), то её поведение полностью детерминировано средой. Это поведение может быть как целесообразным, так и нецелесообразным в силу обстоятельств, ни в малейшей степени не зависящих от данной системы.

Если система обладает свободой, её поведение в определённой среде может быть классифицировано следующим образом:

- 1) случайное поведение;
- 2) поведение, обусловленное средой;
- 3) поведение, обусловленное опытом;
- 4) поведение, обусловленное знанием;
- 5) поведение, обусловленное целью.

При поведении первого рода вероятности перехода системы из текущего состояния в каждое из последующих не зависят от состояния среды.

При поведении второго рода вероятности перехода из текущего состояния в последующие зависят от среды. Эта зависимость либо неизменна на протяжении существования данной системы, либо меняется случайным образом.

Предпосылка поведения третьего, четвёртого и пятого родов — наличие у системы памяти.

При поведении третьего рода вероятности перехода системы из текущего состояния в последующие зависят от текущего состояния среды и от состояния памяти, в которой хранится информация об изменениях переменных системы и среды вследствие выбора того или иного варианта поведения в прошлом.

Для поведения четвёртого рода необходимо следующее.

- ♦ Система должна обладать организованностью и энтропией, достаточными для того, чтобы отношения Q_m между некоторыми переменными X_m системы определённым образом зависели от данных, содержащихся в памяти, т.е. от значений переменных X_M . Иными словами, должны существовать метаотношения $Q^*: X_M \rightarrow Q_m$.

- ♦ Q^* должны быть таковы, чтобы с достаточно высокой вероятностью структура $\langle Q_m, X_m \rangle$ была гомоморфна структуре данной системы и её среды в смысле некоторого отношения, связывающего X_m с соответствующими переменными системы в целом и её среды.

Вышесказанное означает, что данная система должна быть способна порождать системы $\langle Q_m, X_m \rangle$, гомоморфные другим системам, т.е. их модели. Тем самым для неё открывается возможность более или менее достоверного предсказания изменений её собственных переменных и переменных тех систем, которые

представляют в совокупности и во взаимодействии её среду — даже в тех случаях, когда текущее состояние системы и среды ни разу не встречалось ранее.

Поведение четвёртого рода детерминировано прогнозом будущего состояния системы и среды. Поведение пятого рода отличается от него тем, что функцией состояния памяти, т.е. ранее накопленного опыта и знаний, являются не только отношения, связывающие переменные данной системы, но и сам критерий выбора конкретного варианта поведения при известном прогнозе будущих состояний. Целесообразность такого поведения обусловлена не только актуальностью и корректностью опыта и знаний, но и адекватностью вырабатываемого системой критерия её поведения её собственной объективной цели.

Поведение каждого рода может быть как целесообразным, так и нецелесообразным. Оно может быть целесообразным в одних условиях среды и нецелесообразным в других. Если поведение третьего, четвёртого и пятого рода нецелесообразно, оно может стать, а может и не стать целесообразным. Из принятого нами за основу представления о целесообразности следует, что поведение большинства наблюдаемых систем, обладающих свободой, в существующих условиях среды, как правило, более или менее целесообразно.

Существует своего рода отбор систем, поведение которых, как правило, целесообразно, из числа всех возникающих систем: система с нецелесообразным поведением имеет больше шансов прекратить своё существование, нежели система, поведение которой целесообразно.

4. Количественные меры целесообразности

В п.2, говоря о выражении цели в форме оптимального вектора преобразования, мы предполагали наличие полной информации о том, какова оценка каждого возможного преобразования с точки зрения возможностей сохранения и воспроизводства существования системы. На деле это возможно только по отношению к идеальным системам, функционирующим в идеальной среде. Поэтому имеющая большое и универсальное практическое значение задача исследования целей реальных систем чрезвычай-

но сложна и допускает только приближённое (иной раз весьма грубое) решение.

Окончательным результатом исследования цели системы является её выражение в форме оптимальных векторов перехода, установленных с практически достаточной точностью для любого состояния системы и её среды, интересующего исследователя. Для этого необходимо:

- ♦ представить систему в форме $\langle Q, X \rangle$;
- ♦ установить множества допустимых переходов для каждого допустимого состояния системы;
- ♦ оценить все возможные переходы с точки зрения жизнеспособности структуры $\langle Q, X \rangle$.

При этом исследователь свободен в выборе конкретных методов описания структуры системы, указания допустимых переходов, поиска оптимального вектора перехода.

Рассмотрим способы оценки допустимых переходов, позволяющие выработать объективные подходы к количественной оценке целесообразности поведения системы.

Стабильность системы в известной степени характеризуется вероятностью p_T^t прекращения её существования за некоторый период времени t . Экспансия может быть охарактеризована соотношением вероятностей возникновения p_C^t и прекращения существования p_T^t системы¹ за некоторое время t .

Если для некоторого класса систем $p_C^t \gg p_T^t$, поведение систем этого класса можно считать целесообразным.

В частном случае, если речь идёт об уже существующей системе, величина p_C^t перестаёт иметь значение. Следовательно, есть основания считать p_T^t достаточной характеристикой объективной целесообразности её поведения. Однако эта величина зависит от выбора периода времени t . От этого недостатка свободна величина $M(t)$ математического ожидания времени прекращения существования системы. Поэтому её более удобно использовать в качестве количественной меры целесообразности.

¹ Здесь и далее индекс C означает событие «возникновение системы», T — «прекращение существования системы».

Вряд ли имеет смысл сопоставлять $M(t_T)$ для разных систем в качестве меры целесообразности их *структур*: целесообразность конкретной структуры, в отличие от целесообразности поведения, неправомерно рассматривать вне контекста экспансии, в том числе обусловленной взаимодействием с другими системами. Например, клетки иммунной системы гибнут быстрее других, зато многоклеточный организм заботится об их воспроизводстве; инновационные фирмы часто разоряются, но они необходимы для устойчивого функционирования венчурного фонда, который содействует созданию новых фирм взамен прекративших существование. У разных систем предметом сопоставления может быть лишь целесообразность *поведения*, для чего можно использовать отношение величины $M(t_T)$, реализуемой фактическим поведением системы, к $M(t_T)^*$, потенциально возможной при оптимальном поведении.

При прочих равных условиях расширение свободы системы E_F и объёма накопленных ею знаний D (если оставить в стороне время, необходимое на доступ к ним и на их обработку) не уменьшают, но могут существенно увеличить $M(t_T)$. Поэтому для систем, обладающих свободой, императив её расширения — прямое следствие объективной цели. Системы, игнорирующие эту возможность, при прочих равных условиях будут прекращать своё существование быстрее. Для систем, обладающих памятью, столь же существенно накопление знаний.

Иногда $M(t_T)$, рассматриваемая как количественная мера объективной целесообразности поведения системы, может непосредственно использоваться для построения функции поведения. В остальных случаях для этого можно использовать показатели, косвенно отражающие объективную цель системы. Это величины E_F и D , а также p_T^t для заданного периода t . Эти показатели следует применять с большой осторожностью, а именно:

- ♦ любую из них можно использовать в области пространства состояния системы, относительно которой можно с практически достаточной степенью надёжности утверждать, что в её пределах изменение значений переменных системы, нацеленное на увеличение данного показателя — E_F , D или p_T^t — не приводит к уменьшению $M(t_T)$;

- ♦ можно использовать все три названные величины, основываясь (в отсутствии явных доводов против) на предположении, что если при некоторой стратегии поведения системы ни одна из них не уменьшается, то, скорее всего, не уменьшается и $M(t_T)$;

- ♦ можно применять любой из предыдущих двух подходов по отношению к системам, цели которых заведомо совпадают с целью исследуемой системы в пределах пересечения их пространств состояний;

- ♦ можно использовать *прокси*, т.е. показатели, коррелирующие с одним из трёх вышеуказанных, но более легко измеримые.

Ни один из перечисленных подходов не позволяет найти оптимум по критерию $M(t_T)$ (если только полученное решение случайно не совпадёт с оптимумом). Зато обеспечивается — с надёжностью, убывающей от первого подхода к последнему — возможность обнаружения поведения, по крайней мере, не уменьшающего $M(t_T)$.

5. Исследование целесообразности поведения экономических систем

Раскрытие сущности объективной, общесистемной природы цели и целесообразности, обоснование принципиальной измеримости целесообразности — значительный вклад теории систем в познание человеком окружающего мира. Но для практики хозяйственной деятельности этот вклад сам по себе ценности не представляет, поскольку остаётся открытым вопрос, можно ли (и как) согласовать поведение хозяйственных систем с их собственными объективными целями. Понимание того, что объективная цель любой системы адекватно выражается величиной $M(t_T)$, ещё не даёт ответа ни на вопрос, целесообразно ли поведение конкретной системы, ни на вопрос, как сделать её поведение целесообразным.

Ввиду вышесказанного поставим задачу: предложить способ, позволяющий дать заключение о целесообразности поведения той или иной хозяйственной системы.

Один из таких способов вытекает из рассуждений, приведших к пониманию того, что сущность цели состоит в воспроизводстве существования системы. Наблюдая за системами определённого класса и замечая, при каком поведении они преимущественно

но гибнут, а при каком — процветают, можно сделать заключение о том, какое поведение целесообразно, а какое нет. Такой метод исследования целесообразности поведения называется *индуктивным*.

У этого метода, однако, есть ряд недостатков:

- 1) его использование предполагает, что имеется достаточно представительная совокупность систем данного класса, находящихся в сопоставимых условиях среды и проявляющих достаточно разнообразное поведение;
- 2) для получения практически ценного результата наблюдение за системами может занять слишком длительный период времени, неприемлемый с точки зрения практики;
- 3) если с течением времени условия среды меняются, достоверное заключение о целесообразности поведения систем в тех или иных условиях среды может оказаться невозможным;
- 4) следование этому подходу может быть сопряжено с неприемлемыми затратами.

Указанные недостатки делают индуктивный метод практически неприменимым к исследованию целей хозяйственных систем.

Эти недостатки можно преодолеть, ставя эксперимент не на реальных системах, а на их имитационных моделях. Но это возможно только для достаточно простых систем, относительно которых можно с достаточной степенью строгости доказать, что неизбежные упрощающие допущения, сделанные при моделировании, сохранили неизменным соотношение между выбранным алгоритмом поведения и величиной $M(t_7)$. В противном случае исследователь рискует получить превратное представление о целесообразности поведения исследуемой системы. Тем не менее, во многих случаях использование имитационных моделей остаётся единственным доступным способом составить представление о целесообразности поведения системы. Это представление может быть верным или ошибочным, но во всяком случае следование ему даёт больше шансов на то, что выбранный алгоритм управления данной системой окажется целесообразным, нежели выбор алгоритма наудачу, без какого бы то ни было дополнительного исследования.

Использование имитационного моделирования позволяет распространить индуктивный метод на изучение целесообразности поведения экономических систем. Но познавательная ценность его по отношению к ним невелика. Экономические системы отличаются сложностью, и вероятность того, что поведение, целесообразное для реальной экономической системы и её имитационной модели, одно и то же, обычно мала¹.

Альтернатива индуктивному методу — использование знаний о структуре системы, полученных посредством системного анализа, для того, чтобы установить связь величин E_F , D или p_T^t с переменными X данной системы. Для сложных систем этот подход может применяться в несколько этапов: сначала устанавливают связь одной или более из вышеназванных четырёх величин с переменными, значения которых не подлежат непосредственному измерению, затем выявляют зависимость этих переменных от других, которые измеримы, но не поддаются управлению — и так до тех пор, пока не достигнут переменных, поддающихся как измерению, так и управлению. В результате устанавливают множество переменных, изменение значений которых в заданном направлении содействует целесообразности поведения. Такой метод исследования целесообразности называется *дедуктивным*.

В отличие от индуктивного, дедуктивный метод универсален: он может быть применён к любой системе, никаких ограничений по репрезентативности не возникает. Тем не менее, у него тоже есть недостатки:

- 1) в силу неполноты и неточности знаний о структуре исследуемой системы представление о целесообразности её поведения, полученное дедуктивным методом, может оказаться неточным и даже ошибочным;
- 2) поскольку показатели целесообразности зависят одновременно от многих переменных исследуемой системы, а форма зависимостей, как правило, не вполне ясна, вклад каж-

¹ Отсюда не следует, что имитационное моделирование экономических систем вовсе бесплодно. Имитационные модели могут весьма точно воспроизводить *реальное* поведение весьма сложных хозяйственных систем. Отмеченные трудности возникают в случае использования данного метода для отыскания *целесообразного* поведения.

дой из переменных, входящих в X , в целесообразность поведения системы обычно остаётся неизвестным;

3) может случиться, что переменных системы, отражающих целесообразность, выявленных при посредстве дедуктивного метода, так много, что вопрос выбора конкретного управляющего воздействия на одну из них оказывается не проще исходного вопроса о выборе целесообразного поведения, то есть метод в практическом отношении может оказаться бессмысленным.

Все эти недостатки принципиально преодолимы по мере уточнения знаний о структуре исследуемой системы. Но из этого, к сожалению, не следует, что они преодолимы в рамках ресурсов, имеющихся в распоряжении исследователя.

Тем не менее, применительно к хозяйственным системам дедуктивный метод исследования целесообразности наиболее перспективен. Во многих случаях он позволяет получить знание о целесообразности, которое, в сочетании с накопленным практическим опытом, позволяет выработать достаточно надёжные алгоритмы управления. Подобные алгоритмы не гарантируют целесообразности управления, но всё же надёжнее управления, основанного на вменённых критериях, выработанных опытом, и тем более управления по наитию. Проверка знаний о целесообразности, приобретённых при посредстве дедуктивного метода, на имитационных моделях — хороший способ совершенствования как моделей данной системы, так и представлений об её цели.

Оба предложенных метода изучения целесообразности могут быть распространены не только на хозяйственные системы, но и на системы любой природы. Однако рекомендации по их применению для систем других классов будут другими. Например, для биологических систем, в отличие от хозяйственных, в большинстве случаев основным окажется индуктивный метод.

6. Дерево целей аграрного производства

Система целей аграрного производства определяется:

- ◆ сложными взаимосвязями с национальной экономикой в целом;
- ◆ его социальными функциями;

◆ взаимовлиянием аграрного производства и окружающей среды.

Концепция объективной цели представляет собой научную основу упорядочения и систематизации целей аграрного производства, анализа их взаимосвязей и противоречий. Один из важных результатов её применения — представление о том, что объективная цель сельскохозяйственного производства тождественна (в пределах пересечений пространств состояний) цели народного хозяйства и цели национальной цивилизации, поскольку существовать или прекратить существование эти системы могут только вместе.

Объективная цель аграрного производства как системы ничем не отличается от объективной цели любой другой системы. Специфика сельского хозяйства состоит в характерной для него реализации объективной цели в системе конкретных специфических критериев целесообразности поведения (следовательно, и управления).

На рис. 1 изображена упрощённая система целей аграрного производства, построенная на основе дедуктивного метода исследования целесообразности. Дерево целей включает четыре уровня. Корневой (нулевой) уровень отражает объективную цель системы с наибольшей степенью общности и, соответственно, в наиболее абстрактной форме. Первый представляет реализацию объективной цели системы в наиболее общих подцелях, присущих системам любой природы при достаточной сложности их организации. Второй характеризует прикладные цели, на достижение которых аграрное производство может быть направлено непосредственно. На третьем представлены наиболее характерные (но далеко не все) подцели, достижение которых может содействовать достижению целей прикладного уровня.

Переходя от корневого уровня к третьему, наблюдаем нарастание противоречий между целями одного и того же уровня. Эти противоречия не абсолютны: существуют варианты поведения, преследующие одну цель и, по крайней мере, не препятствующие достижению другой; однако чем дальше от корневой вершины, тем больше возникает вариантов поведения, реализующего одну цель за счёт другой. В пределах уровня все противоречия невозможно разрешить в принципе: формирование

стратегии непротиворечивого поведения системы требует анализа целей более высокого уровня.



Рис. 1. Иерархия целей аграрного производства

Практическая ценность системного подхода к анализу целей состоит в том, что он вооружает лиц, принимающих хозяйственные решения, научным инструментарием соизмерения различных целей поверхностного и прикладного уровней. Обыкновенно руководитель неосознанно следует некоторому субъективному метакритерию при сопоставлении вариантов управленческих решений, преследующих разные цели. Системный анализ целей предоставляет в его распоряжение явный метакритерий, обеспечивающий более строгие логические рамки процесса управления: при управлении АПК следует ориентироваться на цели, расположенные как можно ближе к корневой вершине дерева целей, но ещё поддающиеся количественному измерению имеющимися средствами и непосредственному влиянию со стороны практической деятельности человека — именно на цели второго уровня.

Через призму объективного представления о цели сельскохозяйственного производства становятся очевидными недостатки широко распространённых догм о принципах управления производством в АПК и его подсистемах. Например, получение прибыли — отнюдь не главная цель сельскохозяйственного предприятия: коммерческий интерес состоит, прежде всего, в накоплении капитала. Прибыль не используется в полном объёме на накопление капитала, а источники накопления шире, нежели только прибыль.

Последнее особенно касается сферы аграрного производства, в которой процесс создания основного капитала не обязательно связан с приобретением средств производства на рынке. Сельскохозяйственный капитал способен в известной степени прирастать вследствие роста поголовья и улучшения племенных качеств скота, улучшения плодородия почвы в результате применения научно обоснованной системы земледелия и т.п. Это в значительной степени объясняет хорошо известные проблемы, возникающие в оптимизационных экономико-математических моделях сельскохозяйственных производственных систем в случаях, когда целевая функция представлена тем или иным показателем прибыли. План, наиболее эффективный с точки зрения подобного критерия, подчас оказывается не лучшим.

Использование системного подхода к анализу целей для совершенствования критериев оптимальности экономико-математических моделей связано с рядом трудностей. Невозможно представить себе поставленный на экономической системе опыт, доказывающий преимущества некоторого формального критерия её поведения с точки зрения объективной целесообразности. Однако представляется возможным анализ критериев, на основе которых управленческие решения принимались ранее, с точки зрения объективной целесообразности их последствий, какими они представляются с позиций сегодняшнего дня. В результате может быть создан подход к построению критериев, являющихся функциями целей второго или третьего уровня (возможно, при дополнительных условиях неухудшения каждой из целей).

Специалисту, разрабатывающему экономико-математические модели аграрных производственных систем, можно рекомендовать следующую последовательность действий, обеспечивающую относительную корректность отражения системы целей объекта моделирования.

1. Идентифицировать и математически описать структуру объекта, являющуюся предметом моделирования.

2. Установить и формализовать цели данной структуры, поддающиеся измерению и влиянию со стороны человека.

3. Установить, какие другие структуры объекта моделирования и объектов, на которые повлияет управляющее воздействие по воплощению в жизнь результатов решения и анализа модели, обуславливают существование моделируемой структуры. Установить и формализовать их цели, поддающиеся измерению и влиянию со стороны человека.

4. Сформированный таким образом вектор целевых функций $\mathbf{f}(\mathbf{x})$, где \mathbf{x} — переменные моделируемой системы, скаляризовать¹ умножением его на вектор параметров \mathbf{a} . В результате получаем скалярный критерий вида $\langle \mathbf{a}, \mathbf{f}(\mathbf{x}) \rangle$.

¹ То есть преобразовать в форму скалярного (представимого единственной целевой функцией) критерия.

5. В целях ограничения объёма вычислений и последующего анализа наложить практически обоснованные ограничения на диапазоны изменения параметров и значений целевых функций.

6. Исследовать множество решений, оптимальных по Парето относительно векторного критерия оптимальности $\mathbf{f}(\mathbf{x})$, методом параметрического программирования, изменяя компоненты вектора \mathbf{a} .

7. Установить, какие из оптимальных по Парето решений заведомо неприемлемы, проанализировать и формализовать причины их неприемлемости и учесть их в математическом описании моделируемой системы.

Из оставшихся оптимумов по Парето можно выбрать один из многих, следуя одному из подходов:

♦ опираясь на статистику прекращения существования подобных систем в зависимости от того, каким целям отдавался приоритет во время её существования (если таковая статистика доступна);

♦ опираясь на знания (формализованные и субъективные) о форме и тесноте связи между целями прикладного уровня, отражёнными моделью, и объективной целью в пределах множества оптимумов по Парето;

♦ субъективно (если разные оптимумы по Парето различаются несущественно).

Если различия между различными оптимальными по Парето решениями значительны, а построить метакритерий выбора одного из них не удаётся, то модель на данном уровне её проработки может быть признана непригодной для практического использования.

Столь детальный анализ целей при решении математических моделей оправдан лишь в тех случаях, когда практическое использование результатов моделирования сопряжено с принятием решений, последствия которых приводят к необратимым изменениям в моделируемой системе, существенно затрагивающим интересы различных её подсистем и систем, с которыми она взаимодействует. Другой случай, когда анализ целей оправдывает себя, — моделирование систем, переживающих кризисные этапы своего развития, когда отсутствует уверенность в том, что прошедшие многолетнюю апробацию критерии принятия решения —

пусть не идеальные, но зато легко реализуемые — окажутся плодотворными в изменившихся условиях.

7. Оптимизация системы целей инвестиционных программ и проектов в АПК

Системное исследование целей обеспечивает теоретическую основу их анализа, осуществляемого при выборе направлений инвестиционной деятельности, формировании инвестиционных программ, предварительном отборе инвестиционных проектов для АПК. Объективный характер цели и её реализаций на различных уровнях абстракции исключает неопределённость при формулировании главной цели программы или проекта, предопределяет однозначную иерархию частных целей. В качестве главной цели в этом случае принимается объективная цель системы, на удовлетворение потребностей которой направлена инвестиционная деятельность.

Обычно анализ целей инвестиционного проекта сводится к формулированию главной цели и построению (на основе дедуктивного подхода) дерева целей, терминальные (висячие) вершины которого соответствуют целям, достижимым вследствие конкретных, однозначно определённых проектных мероприятий. Определение проекта на основе дерева целей состоит в выборе множества терминальных целей, на достижение которых будет направлен вариант проекта, подлежащий практической реализации. Обычно этот выбор осуществляют группы экспертов [6].

Развитие этого подхода в направлении удешевления и освобождения от субъективности состоит в определении оптимального подмножества целей, на достижение которых должен быть направлен прорабатываемый инвестиционный проект. Для этого можно воспользоваться методом целочисленного программирования.

Модель системы целей инвестиционного проекта (программы) имеет в своей основе математическую задачу отыскания множества целей проекта, максимизирующих его стоимость, если заданы:

♦ количество ресурсов каждого вида, необходимое для достижения каждой цели;

- ♦ возможности совместного использования ресурсов в рамках различных целей;
- ♦ возможности замещения ресурсов более универсальными;
- ♦ экономический эффект, связанный с достижением каждой цели;
- ♦ стоимость каждого ресурса;
- ♦ максимально допустимый объём финансирования;
- ♦ цели, которые не могут сочетаться в рамках одного проекта.

Математически эта задача записана ниже:

$$\text{Целевая функция: } \max \sum_{d \in D} c_d x_d - \sum_{r \in R} \left(c_r - \sum_{s \in R_r} c_s \right) x_r;$$

$$\text{Бюджетное ограничение: } \sum_{r \in R} \left(c_r - \sum_{s \in R_r} c_s \right) x_r \leq B;$$

$$\text{Количество ресурсов: } a_{dr} x_d \leq x_r, \quad d \in D, r \in R_d;$$

$$\text{Несовместимые цели: } \sum_{d \in D_i} x_d \leq 1, \quad i \in I;$$

$$\text{Заменяемость ресурсов: } x_r \leq x_s, \quad r \in R, s \in R_r;$$

$$x_d \in \{0; 1\}, \quad d \in D; x_r \in N \cup \{0\}, \quad r \in R,$$

где D — множество терминальных вершин дерева целей проекта; R_d — множество ресурсов, необходимых для достижения цели $d \in D$; $R = \bigcup_{d \in D} R_d$; R_r — множество ресурсов, которые могут быть заменены ресурсом r ; I — множество множеств несовместимых целей; D_i — i -е множество несовместимых целей ($i \in I$); N — множество натуральных чисел; x_d — логическая переменная, означающая включение (1) или исключение (0) цели $d \in D$ из инвестиционного проекта; x_r, x_s — количество ресурсов r и s соответственно ($r \in R, s \in R$); B — максимально возможный объём финансирования; c_d — выгоды (в денежном выражении), обусловленные достижением цели d ; c_r, c_s — затраты (в денежном выражении) на единицу ресурсов r и s соответственно ($r \in R, s \in R$); a_{dr} — количество ресурса $r \in R_d$, необходимое для достижения цели $d \in D$.

Если некоторый ресурс r может заменять другие, он представляется в задаче в сепарабельной форме, т.е. множеством переменных, соответствующих ресурсам, которые он может заменить, и переменной, соответствующей ему самому. Ограничения «заменимость ресурсов» гарантируют ввод в базис вместе с переменной x_r всех переменных, соответствующих заменяемым ресурсам. Коэффициент при x_r , соответствующий ресурсу-заменителю, представляет собой *дополнительные* (возможно, отрицательные) затраты по отношению к ресурсам, которые заменяются ресурсом r . Ограничение «количество ресурсов» определяет минимально необходимое количество данного ресурса для достижения заданной цели. Ограничения по несовместимым целям гарантируют, что из каждого множества таких целей в оптимальное решение войдёт не более одной. Благодаря целочисленному ограничению «логические переменные» каждая цель может либо быть (если значение соответствующей переменной равно 1), либо не быть (если оно равно 0) включена в оптимальное решение. Решение задачи содержит набор целей, совместное достижение которых обеспечит максимальный синергический эффект благодаря наилучшему совмещению использования ресурсов в рамках разных целей.

При необходимости в задачу могут быть добавлены и другие ограничения, отражающие специфику конкретной области инвестиционной деятельности.

На фазе выявления и выбора проектов затраты и выгоды известны лишь очень приближённо. Поэтому для принятия обоснованных решений о формировании инвестиционного проекта с использованием данного метода целесообразно решить приведённую задачу целочисленного программирования с различными сценариями затрат и выгод. Это позволит выявить наборы целей, которые обеспечивают пусть не наибольший, но зато достаточно устойчивый к имеющейся неопределённости экономический эффект. Принятие решения о том, на реализацию каких целей ориентировать проект, остаётся за ответственным лицом, обладающим необходимой метаинформацией.

Если наблюдается высокая чувствительность оптимального множества целей к смене сценариев затрат и выгод, это свидетельствует о недостатке информации для принятия решения о том, на достижение каких целей следует направить проект.

В этом случае имеет смысл либо переместить финансовые ресурсы в менее рискованную сферу инвестиционной деятельности, либо (если возможно) провести более детальное обоснование затрат и выгод.

Библиографический список

1. Бернштейн Н.А. Пути развития физиологии и связанные с ними задачи кибернетики // Биологические аспекты кибернетики. М., 1972.
2. Берталанфи Л. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов. М.: Прогресс, 1969. — С. 23-82.
3. Гаврилец Ю.Н. Социально-экономическое планирование (системы и модели). М.: Экономика, 1974. — 175 с.
4. Гаврилец Ю.Н. Целевые функции социально-экономического планирования. М.: Экономика, 1983. — 157 с.
5. Гатаулин А.М. Издержки производства сельскохозяйственной продукции: (Методология измерения и пути снижения). М.: Экономика, 1983.
6. Гатаулин А., Светлов Н. Выявление и выбор инвестиционных проектов в АПК // АПК: экономика, управление, 1998. — №3. — С. 36-43.
7. Гранберг А.Г. Моделирование социалистической экономики: Учеб. для студ. экон. вузов. — М.: Экономика, 1988.
8. Колмогоров А.Н. Автоматы и жизнь // Возможное и невозможное в кибернетике. М., 1964.
9. Ланге О. Целое и развитие в свете кибернетики // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов. М.: Прогресс, 1969. — С. 181-251.
10. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978.
11. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981.
12. Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957.
13. Свинцицкий В.Н. Понятие целесообразности и функционирование кибернетических систем // О сущности жизни. М., 1964.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Основные понятия и определения	5
2. Цель как системная категория	6
3. Целесообразность и поведение системы.....	9
4. Количественные меры целесообразности	11
5. Исследование целесообразности поведения экономических систем	14
6. Дерево целей аграрного производства	17
7. Оптимизация системы целей инвестиционных программ и проектов в АПК	23
Библиографический список	26

Учебное издание

Николай Михайлович Светлов

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕЛЕЙ
АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Лекция

Редактор

Изд. лиц. №040182 от 17.12.96 Подписано в печать . . . г.
Бумага офсетная Формат 60×84¹/₁₆ Усл. печ. л.
Усл. кр.-отт. Уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Изд. №
Заказ Печать офсетная

Издательство МСХА

Типография Издательства МСХА

127550, Москва, Тимирязевская ул., 44