

УДК 631.171+[621.37/39:631.145]

МОДЕЛИРОВАНИЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ АГРОБИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Башилов А.М., д.т.н.,

Загинайлов В.И., д.т.н.

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

Тел. (495)9761053

E-mail: energo-mgau@mail.ru

Аннотация - в статье изложены принципы и подходы в решении проблемы моделирования системной сложности агробиотехнических систем и организации управления с учётом природных законов и механизмов самоорганизации.

Ключевые слова – моделирование, аграрное производство, система, управление, самоорганизация.

Постановка проблемы. Агробиотехнические системы имеют уникальные функционально-структурные особенности взаимодействия объектов естественной (растения, насекомые, животные, микроорганизмы, группы людей и др.) и искусственной жизни, созданной человеком (автоматизированные технологические процессы, информационно - коммуникационные системы, интеллектуальные компьютерные сети, сенсоры, исполнительные механизмы и др.).

Взаимодействие объектов естественной и искусственной жизни осуществляется как путём «сопряжения-субординации», так и путём «вложения-подчинения».

Взаимодействие объектов может быть гармоничным (с первого раза, с минимальными потерями, быстро и т.д.) или деформированным, как по связям между собой, так и по пространственно-временным параметрам. Ещё больший интерес представляют процессы синергетического взаимодействия, когда в результате взаимодействия образуется новая целостность объектов с максимальным положительным эффектом или когда в процессе рекомбинации взаимодействий (изменения отношений взаимодействия) образуется новая функционально - структурная совокупность с эмерджентным (кооперативным, соборным) эффектом, превышающим суммарный эффект.

Свойство целостности связано с целью, для выполнения которой самоорганизуется и целеорганизуется агробиотехническая система.

При этом цель может быть задана или чётко наблюдаться, а может не обнаруживаться в явном виде. В таком случае целевую функцию или системообразующий критерий можно определить путём изучения причин появления целостности.

Одна из закономерностей проявления целостности проистекает из наблюдения того, что любая развивающаяся система имеет возможность перехода из состояния абсолютной целостности к состоянию абсолютной аддитивности и наоборот. Без обеспечения целостности в системе не могут возникнуть эмерджентные, общесистемные свойства, полезные для её сохранения и развития, однако в случае жёсткой целостности система будет подавлять свойства объектов и может даже утратить часть из них, в том числе полезных [1].

Синергетическая организация агробиотехнических систем - это оптимальное сочетание единичных, групповых и коллективных действий объектов естественной и искусственной жизни при взаимоадаптации к внутренним (самоорганизация) или внешним (реорганизация) целям в условиях динамически изменяемой внешней среды, при максимально возможном функциональном использовании материальных объектов, различных видов энергии, разнообразных знаний и опыта, но при минимально достаточном расходовании перечисленных ресурсов в процессе реализации поставленной цели. Внешним признаком проявления цели может быть притяжение объектов системы к соответствующим центрам порядка и структурирования.

В агропроизводственной системе, объединяющей сложноорганизованное множество объектов разнообразной природы, управленческие решения в основном принимаются путём устранения противоречий различных специалистов, возникающих в условиях неопределённости (недостаточно целенаправленная мотивация, локальный характер располагаемой информации, неполнота и неточность информации, случайные воздействия среды). Агропроизводственные системы, имея структуру большой сложности имеют не высокую точность описания (моделирования). Знания в таких системах принципиально являются неполными, неточными и противоречивыми, а принимаемые решения строятся не на основе логически строгих понятий и суждениях, а исходя из меняющихся индивидуальных мнений и неоднородных коллективных идей (целей).

Эффективное взаимодействие между специалистами в такой информационно нестабильной (адаптирующейся, обучающейся), самоорганизующейся и реорганизующейся системе не возможно без помощи интеллектуально управляющих компьютерных связей. Для максимального использования опыта и знаний, максимального энер-

горесурсосбереження и максимальной адаптации к динамически изменяющейся среде необходим соответствующий высокоинтеллектуальный уровень моделирования естественной и искусственной жизни объектов агробнотехнической системы.

Анализ последних исследований. Наиболее приоритетным и фундаментальным подходом в решении такого рода задач является использование общей теории и методов системного моделирования искусственного интеллекта. Такое направление в настоящее время интенсивно развивается в нашей стране и за рубежом [2-3].

Основными итогами научно-исследовательских работ в данном направлении стали: создание программно-инструментального обеспечения иерархических, многоуровневых систем управления; интегрированных, гибридных систем управления; многоагентных распределённых систем управления; интеллектуальных систем управления виртуальными организациями.

При этом особое распространение получили решения задач когнитивного (целеадаптивного), эволюционного (развивающего) и сенсорно-рефлексивного (ситуационного) моделирования на основе методов распознавания, нечёткой логики, оптимизации, гомеостатики и самоорганизации.

Формулирование целей статьи. Задача целеадаптивного моделирования – поиск стратегии управления, позволяющей перевести ситуацию неопределенности в желаемое целевое состояние. Такой переход возможно осуществить двумя взаимнообратными путями или изменением управляющих факторов под реализацию цели или изменением цели при ограниченности ресурсов управления (целенаправленность, многофункциональность, непрерывность).

Задача эволюционного моделирования – поиск способов и средств управления процессами самосовершенствования, саморегуляции и максимальной адаптации действий объектов системы в условиях динамически изменяющейся среды (прогрессивность, синергетизм, оптимальность).

Задача сенсорно-рефлексивного моделирования – поиск способов принятия оперативных решений и выполнения упреждающих действий на основе многопараметрической информации представляемой в реальном масштабе времени (робастность, моторность, автоматизм).

Формулировка цели и представление о дереве целей зависит от стадии познания сложности агробнотехнической системы и по мере развития представления о ней цель может переформулироваться, а по мере апробации способов и средств её реализации должна делаться более реалистичной. Формирование цели изнутри системы – целепо-

лагание, подчинение поставленной извне – целеустремление, изменение цели из внутренних или внешних побуждений - целеадаптация.

Формирование цели в агробиотехнических системах обусловлено наличием разнообразных популяций объектов как живой так и неживой природы. Популяции объектов живой природы имеют свою внутреннюю целе-адаптивную, генно-фенотипическую функцию поведения, которая может находиться или в противоречии или в коалиции с активной целевой функцией техногенного управления.

Сведение целе-адаптивных функции живых систем и целевых функций техногенного управления к единой (обобщенной, синергетической) цели и её последующая структуризация - центральная проблема формулировки «дерева целей».

Основная часть. Может ли возникнуть и сформулироваться подобная цель у руководителя или у других специалистов принимающих управленческие решения в агропроизводственной системе? Может, но только в виде некоторого размытого образа, не воспринимаемого коллективом специалистов.

Требуется детализация, разбиение образа общей цели на взаимосвязанные подцели, которые делают её более конкретной и понятной для всех участников процесса целеобразования. Дерево целей вырисовывается в результате многократных (итеративных и интерактивных) интеллектуальных процедур выявления структуры «сверху» (системный анализ концепции развития аграрного предприятия) и «снизу» (системного синтеза основной и организационно-управленческой деятельности аграрного предприятия), композиции и декомпозиции структуры в пространстве и времени, апробации и оценки различных методов описания структуры.

Процесс целеобразования при использовании концептуального метода описания можно представить в виде функционала стремящегося к идеалу:

$$S \equiv F(A, R, Z, C, T) \rightarrow \text{идеал «синергетика ЕЖ и ИЖ»}, \quad (1)$$

где S – структура цели; A – множество объектов системы; R – множество связей между объектами; Z – множество композиций связанности; C – среда; T – период существования системы; ЕЖ – естественная жизнь; ИЖ – искусственная жизнь.

Основной признак идеала «синергетика» - уникальная взаимосвязь объектов агробиотехнической системы в результате которой обеспечивается увеличение общего положительного эффекта (\mathcal{E}_M) до величины большей, чем сумма положительных эффектов $\Sigma(\mathcal{E}_M)$ этих объектов, действующих независимо.

$$\mathcal{E}_M > \Sigma(\mathcal{E}_M) \quad (2)$$

Синергетический эффект имеет двойственное значение: при практической реализации он проявляет себя в виде положительного

(полезного) результата (результатирующего эффекта), а при сохранении алгоритма и условий его проявления в виде знаний он содержит положительную ценность как отложенный (закрепленный в памяти) будущий результат (целенаправленный эффект). При многократном воспроизведении и тиражировании (размножении и эволюции) синергетического эффекта вторая составляющая приобретает наибольшую значимость и доводится до автоматизма. Общий эффект мультипликативно прогрессирует.

$$\mathcal{E} > \mathcal{E}_M + \mathcal{E}_I = \Sigma(\mathcal{E}_M) + (\mathcal{E}_I)^N \quad (3)$$

где N – степень приумножения эффекта за счёт интеллектуальной составляющей; \mathcal{E}_I – положительный эффект от интеллектуальной составляющей.

Приведем некоторые примеры закрепления синергетических эффектов в природе (естественной жизни):

- устойчивое пространственно-временное воспроизведение поведения живых объектов во внешней среде (гомеостатичность);
- наличие периодических или аperiodически повторяющихся поведенческих актов (цикличность);
- быстрая сигнально опережающая реакция на повторяющиеся изменения внешней среды (рефлексивность);
- поиск, прогнозирование, предвидение будущего полезного результата (осознанность);
- самонаведение объекта на синергетический эффект (самодостаточность);
- приспособительная активность живых объектов посредством сенсорно-моторной или нервно-психической деятельности (адаптивность).

Аналогичные проявления феномена закрепления способностей (информационно-аналитических программ, алгоритмов, способов, методов и методик) к конкретной познавательной-практической деятельности имеются в технических и социальных системах.

Соответственно в агробиотехнических системах синергетический эффект должен проявляться не только на первом материальном уровне, но и на втором - энергетическом и на третьем - интеллектуальном уровне, наблюдаемом как у живых объектов так и у искусственных. Чтобы правильно управлять живыми объектами, надо хорошо знать не только визуально материализующиеся действия, но также и их собственные, органические функции энергосбережения, самоорганизации и самоуправления, которые не следует дублировать или нарушать функциями искусственного неорганического противодействия, энергоснабжения и управления.

Закономерности проявления синергетических эффектов наиболее отчетливо наблюдаются в динамических процессах самоорганиза-

ции, организации и реорганизации естественных и искусственных составляющих агробиотехнических систем.

Самоорганизация - процесс приобретения системной связанности объектов «снизу»→«вверх» (изнутри), организация – «сверху»→«вниз» (извне). Саморазрушение и дезорганизация - процессы нарушения системной связанности, обратные самоорганизации и организации. Самореорганизация и реорганизация – процессы, где происходит чередование самоорганизации-саморазрушения, организации-дезорганизации. В том случае, когда все рассмотренные процессы отсутствуют или «спят» в системе, она находится в гомеостатическом состоянии. При любых внутренних или внешних воздействиях гомеостатическая система не изменяет свою структурную сложность, такая система становится консервативной, условно закрытой [4].

Агробиотехническая система имеет гибридную структуру, в ней существует весь спектр рассмотренных процессов (колебательных осцилляций) имеющих разнообразные темпо-ритмические параметры и их эволюцию в акто-онто-филогенезе. Актогенез – эволюция при повторных актах, онтогенез – эволюция в течение жизненного цикла (поколения), филогенез – в течение периода существования от поколения к поколению.

Очевидно, чем быстрее и чем интенсивнее процесс эволюции путем нарастания положительного синергетического эффекта и снижения отрицательного, тем совершеннее агробиотехническая система, тем ближе она к идеалу открытой динамически (рефлексивно) приспособляющейся (преобразующейся) системы.

На рис.1 приведена схема процесса когнитивно-эволюционного моделирования при самоорганизации, организации и реорганизации агробиотехнических систем.

Основная задача имитационного моделирования поиск устойчивой целе-адаптивной организации биотехнической системы путём различных типов синергетической оптимизации (идентификации и унификации разнородности объектов, структуризации и реструктуризации, адаптации и разграничения с внешней средой системы объектов естественной и искусственной жизни).

Процесс организации - синтез и анализ системы, процесс реорганизации – анализ и синтез системы. Формирование цели, поиск и установление оптимального соотношения со структурой и адаптивной функцией системы происходят в процессе многократных процедур организации и реорганизации.

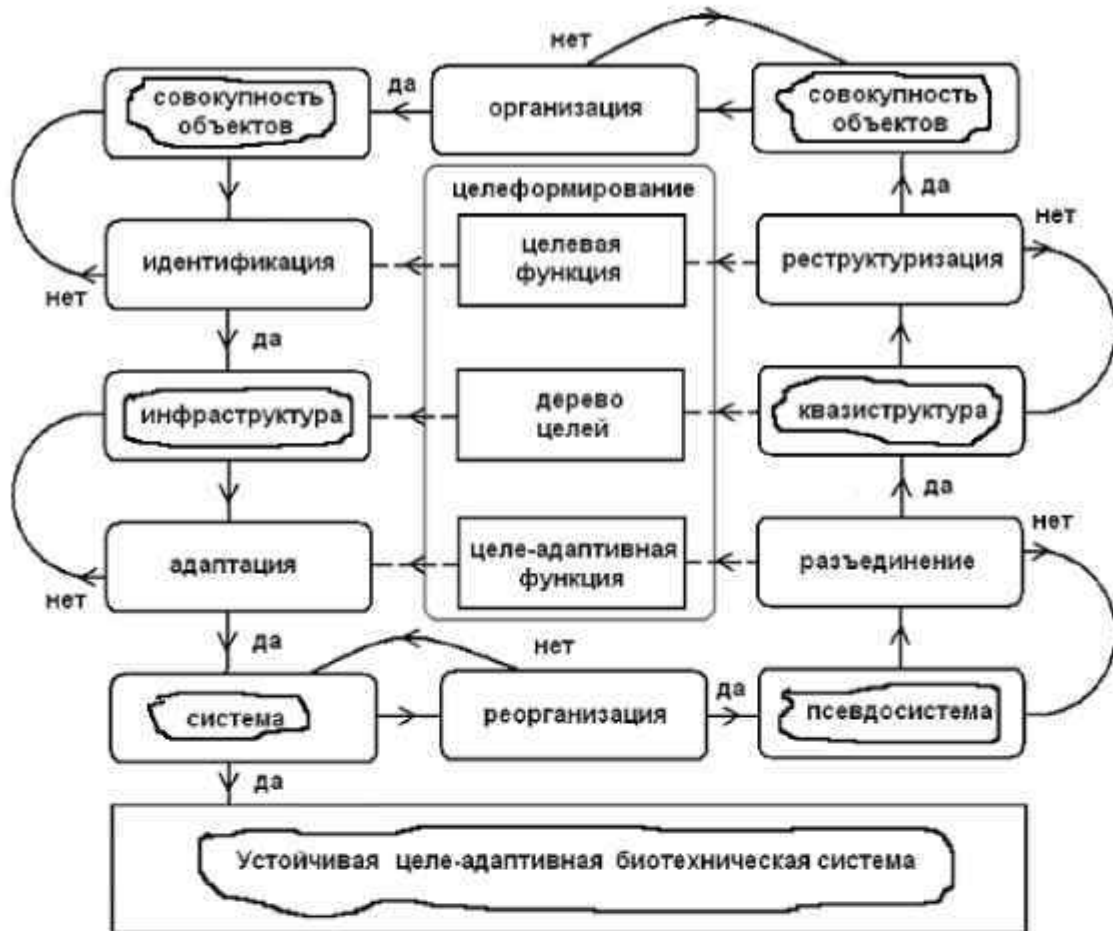


Рис. 1. Схема проектирования устойчивой целе-адаптивной биотехнической системы на основе когнитивного и эволюционного моделирования.

Выводы.

1. Разработка модели самоорганизующегося аграрного производства обладает научной новизной и стратегической перспективой развития.
2. Главной задачей системометрии аграрного производства является определение целеадаптивных функций и синергетических эффектов взаимодействия объектов природной, биологической и техногенной среды.
3. Для практической реализации модели самоорганизующегося агропроизводства имеются все необходимые современные технические средства и возможности.

Литература

1. А.М. Башилов Электронно-оптическое зрение в аграрном производстве. Системотехника построения и применения информационных оптических технологий / Башилов А.М. // М.:РАСХН, 2005 - 312 с.
2. А.М. Башилов Визуализация и наблюдение системной сложности точного земледелия / Башилов А.М., Загинайлов В.И. //Труды

Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные системы» (AIS'05). Научное издание в 3-х томах. – М.:Физматлит, 2005. – Т.1. – С.12-20.

3. *А.М. Башилов* Когнитивное и эволюционное моделирование синергетической организации биотехнических систем/ *Башилов А.М., Загинайлов В.И.* // Труды X Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», СПбГПУ, 2006. – Т. 2. – С. 257-267.

4. *А.М. Башилов* Системологический анализ и определение самоорганизующегося агропроизводства/ *Башилов А.М.* // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». – 2006. – Вып. №5(20). – С. 6-12.

МОДЕЛЮВАННЯ САМООРГАНІЗОВУЮЧИХСЯ АГРОБІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

А.М. Башилов, В.І. Загінайлов

Анотація - у статті викладені принципи і підходи у вирішенні проблеми моделювання системної складності агробіотехнічних систем і організації управління з урахуванням природних законів і механізмів самоорганізації.

MODELLING SELF-ORGANIZATION AGROBIOTECHNICHESKY SYSTEMS

A. Bashilov, V. Zaginailov

Summary

The article describes the principles and approaches in addressing the problem of modeling the system complexity agrobiotekhnicheskikh systems and management organization of natural laws and mechanisms of self-organization.