

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО КРАСНОДАРСКОМУ КРАЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА (Часть 1-я: Проблематика исследования)

FORECASTING OF SUNFLOWER YIELD FOR THE KRASNODAR REGION WITH THE USE OF SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS (PART I: PROBLEMS OF STUDY)

Познышева Наталья Олеговна
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13

Poznysheva Natalya Olegovna
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В данной работе в общем виде сформулирована проблема создания научно-обоснованного и эффективного инструмента прогнозирования динамики урожайности подсолнечника по районам Краснодарского края и краю в целом. Предложена и обоснована возможность прогнозирования сценария изменения урожайности подсолнечника путем применения технологий искусственного интеллекта, в частности метода системно-когнитивного анализа

In this article the general form of the formulated problem of the creation of the scientific-informed and effective tool for forecasting dynamics of sunflower yield in the areas of the Krasnodar region and in the whole region. We have proposed and substantiated the possibility to predict scenario of sunflower yield through the application of artificial intelligence technologies, in particular, of the method of system-cognitive analysis

Ключевые слова: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД, СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, МНОГООТРАСЛЕВАЯ КОРПОРАЦИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, СЕМАНТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

Keywords: SYSTEMIC APPROACH, SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, DIVERSIFIED CORPORATION, FORECASTING, SEMANTIC INFORMATION MODEL

Формулировка решаемой проблемы

В новых условиях хозяйствования в Российской Федерации еще более усилилась необходимость предвидения возможного исхода событий. Интерес к будущему вытекает из острой практической потребности сегодняшнего дня. Происходящие крупные перемены в различных областях деятельности человека, отдаленные от нас на годы, в той или иной мере зависят от событий сегодняшнего дня. Недооценка важности учета последствий сегодняшних решений приводит к ошибкам, которые негативно влияют на развитие социально-экономических систем. Следовательно, в условиях рынка ни один предприниматель, хозяйствующий субъект и государство в целом не могут функционировать без составления планов и прогнозов. Предвидение (*прогнозирование*) событий дает возможность учесть их положительные и отрицательные последствия, заблаговременно подгото-

виться к ним, а если возможно, то и вмешаться в ход развития событий, контролировать их, или что еще более важно, – стараться претворить в жизнь одну из выявленных предпочтительных альтернатив будущего, т.е. *управлять* будущим развитием предметной области.

Однако разработка научных методов предвидения или прогнозирования событий в рассматриваемой предметной области наталкивается на ряд сложностей, т.е. представляет собой проблему.

К этим сложностям можно отнести:

– дефицит полных и достоверных незашумленных исходных данных о предметной области;

– большое количество управляющих факторов и выходных параметров

– сложность и нелинейность объекта управления и прогнозирования;

– высокая размерность решаемых задач;

– отсутствие математических и численных методов построения математических моделей сложных многопараметрических слабодетерминированных нелинейных объектов управления и прогнозирования, информация о которых сильно фрагментирована и зашумлена, а также отсутствие инструментальных (программных) средств, поддерживающих эти методы.

Таким образом, **проблема**, решаемая в работе, состоит в создании научно-обоснованного и эффективного *инструмента прогнозирования* динамики урожайности подсолнечника по районам Краснодарского края и краю в целом. Эту проблему можно было бы назвать: «проблема инструментального прогнозирования».

Идея решения проблемы

К решению сформулированной проблемы *инструментального прогнозирования* урожайности подсолнечника по районам Краснодарского края и краю в целом автор предлагает подходить как к одной из задач, решаемых в процессе управления (рисунок 1):

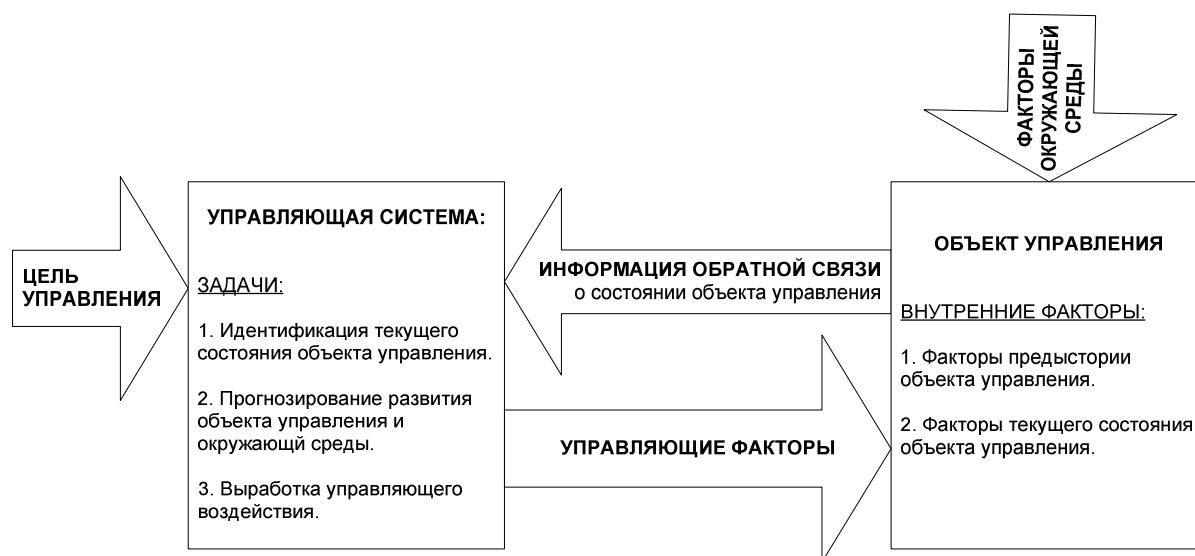


Рисунок 1. Цикл управления в замкнутых автоматизированных и автоматических системах управления [1]

Соответственно, в этом контексте исследуемая предметная область, а именно искусственная экосистема насаждений подсолнечника Краснодарского края (на уровнях районов и края в целом), рассматривается автором как *объект управления и прогнозирования в системах управления* [1].

Объект, предмет, цель и актуальность исследования

Объектом исследования является искусственная экосистема насаждений подсолнечника Краснодарского края (на уровнях районов и края в целом).

Предметом исследования является прогнозирование динамики урожайности подсолнечника по районам Краснодарского края и краю в целом.

Цель исследования состоит в разработке математической модели, методики численных расчетов и поддерживающего их программного инструментария, обеспечивающих решение поставленной проблемы.

Таким образом, в данной работе ставится и решается **актуальная** проблема *инструментального прогнозирования* урожайности подсолнечника по районам Краснодарского края и краю.

Характеристика объекта исследования

Данный объект управления и прогнозирования (ОУП) обладает рядом специфических свойств, *серьезно затрудняющих* разработку научных методов прогнозирования динамики его поведения: он представляет собой сложный многофакторный слабодетерминированный нелинейный объект управления и прогнозирования, информация о котором сильно фрагментирована и зашумлена. Необходимо также отметить практическую невозможность проведения каких-либо экспериментов с данным объектом управления и прогнозирования с целью его изучения или пополнения отсутствующей информации, а также очень большую длительность цикла управления: от одного года до 10 лет¹.

Обоснование требований к методу решения проблемы

Необходимо отметить, что решение задач идентификации, прогнозирования и принятия решений в любой системе управления возможно только на основе *модели* объекта управления и прогнозирования, отражающей причинно-следственные взаимосвязи между значениями факторов, действующих на объект управления и прогнозирования в прошлом и его поведением в будущем.

¹ Из законов севооборота известно, что влияние предшественника «Подсолнечник» сказывается на результатах выращивания различных сельхозкультур на протяжении периода до 10 лет.

Из характеристики объекта управления и прогнозирования, приведенной выше, следует, что его *модель* должна удовлетворять следующим *требованиям*:

1. Должна быть достаточно большой размерности, чтобы отразить очень большое количество свойств *сложного* объекта управления и прогнозирования (сложность ОУП).

2. Должна обеспечивать выявление силы и направления влияния большого количества входных факторов на большое количество выходных параметров объекта управления и прогнозирования (многофакторность ОУП).

3. Должна учитывать не только факторы, сильно влияющие на поведение объекта управления и прогнозирования, но и сравнительно слабо влияющие факторы (слабодетерминированность ОУП).

4. Должна учитывать *взаимодействие* совместно действующих факторов, т.е. нарушение принципа суперпозиции, из-за которого факторы образуют *систему* с системным влиянием на результат, при котором результат совместного действия нескольких факторов не является суммой влияний каждого из этих факторов в отдельности (нелинейность ОУП).

5. Должна корректно работать при отсутствии ряда сочетаний значений входных факторов и выходных параметров (повторностей) и на малых выборках (фрагментированность информации об ОУП).

6. Модель должна надежно работать в условиях сильно зашумленных и недостоверных исходных данных (зашумленность информации об ОУП).

Выбор метода, наиболее соответствующего требованиям

Требования к методу решения проблемы являются критериями выбора метода.

Рассмотрим некоторые методы и подходы с точки зрения их соответствия требованиям, предъявляемым к методу решения проблемы, вытекающим из свойств объекта исследования.

Метод многофакторного анализа, который на первый взгляд кажется наиболее подходящим для решения поставленной проблемы, не удовлетворяет ни одному из сформулированных требований, кроме 3-го.

Различные **системы управления** отличаются друг от друга степенью формализации (использованием математики), и степенью автоматизации (использованием компьютеров), процессов идентификации, прогнозирования и выработки решения об управляющем воздействии [12]:

– слабо формализованные системы управления, встречающиеся, в основном, в сельском хозяйстве, политических, экономических, социальных и психологических системах (математика и компьютеры практически не применяются, за редким исключением²);

– автоматизированные системы управления (АСУ) решение об управляющем воздействии принимается управляющей системой с участием человека в процессе их взаимодействия;

– считается³, что в системах автоматического управления (САУ) процесс выработки управляющего воздействия полностью автоматизирован, т.е. оно принимается управляющей системой автоматически, без участия человека.

² В условиях России

³ См., например: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Система%20управления>

В САУ моделью объекта управления, отражающей зависимость его выходных параметров от входных, является *передаточная функция*.

Подход САУ *неприменим* для решения нашей проблемы, т.к. искусственная экосистема представляет собой сложный многофакторный слабо-детерминированный нелинейный объект управления, информация о котором сильно фрагментирована и зашумлена, а для подобных объектов пока не разработано способов получить *матричную передаточную функцию непосредственно на основе эмпирических данных*, кроме подхода, предложенного в работе [1]. Но и этот метод требует участия человека (эксперта), т.е. соответствует подходу, применяемому в АСУ.

Фундаментальный и технический подходы.

В *фундаментальном* подходе исследуется влияние факторов различной природы на поведение объекта управления и прогнозирования, а в *техническом* – влияние прошлой части временного ряда на будущую его часть (относительно текущей точки во времени). Знание этих причинно-следственных связей используется для прогнозирования и принятия решений. В фундаментальном подходе существует проблема сбора информации о действующих на объект управления и прогнозирования факторах. В техническом подходе подобной проблемы нет, т.к. базы данных с временными рядами обычно более доступны. Поэтому на практике чаще используется технический подход, т.к. это проще.

Классификация факторов, действующих на объект управления:

1. Внутренние:

- факторы предыстории объекта управления;
- факторы, отражающие текущее состояние объекта управления (его признаки).

2. Внешние:

- технологические;
- факторы окружающей среды.

Граница между технологическими факторами и факторами окружающей среды – это граница самого объекта управления и прогнозирования. Критерий отнесения факторов к технологическим или внешним состоит в том, что решение о применении или неприменении технологических факторов принимает человек, а на факторы окружающей среды он повлиять не может. Но в ряде случаев (далеко не всегда) человек может изменить положение границы объекта управления, включив в его состав часть окружающей среды. Например, в сельском хозяйстве известно возделывание сельхозкультур на открытом и закрытом грунте (т.е. в теплицах). Во втором случае факторы окружающей среды становятся технологическими.

Все эти виды факторов могут быть различной природы и измеряться в различных единицах измерения. Поэтому возникает первая *проблема сопоставимости* обработки в рамках одной модели объекта управления. Вторая проблема, решаемая при создании такой модели – это *проблема выбора количественной меры* силы и направления причинно-следственных связей между входными факторами и выходными параметрами. Эта количественная мера должна количественно рассчитываться на основе эмпирических данных и решать проблему сопоставимости обработки факторов различной природы в единой многофакторной модели.

Все рассмотренным требованиям удовлетворяет метод системно-когнитивного анализа (СК-анализа) и его программный инструментарий – интеллектуальную систему «Эйдос» [2]. Этот же метод содержит обоснованное и широко и успешно апробированное решение двух сформулированных двух проблем: сопоставимости факторов количественной меры их влияния. СК-анализ может рассматриваться как один из вариантов синтеза

фундаментального и технического подходов к прогнозированию, т.к., с одной стороны, в СК-анализе, как в техническом подходе, в качестве исходных данных могут использоваться временные ряды, а с другой стороны, в СК-анализе в этих временных рядах выявляются события, а затем причинно-следственные связи между этими событиями, как в фундаментальном подходе. Конечно, не это не исключает возможности в СК-анализе выявления и использования для прогнозирования влияния на объект прогнозирования других факторов, информация о которых есть в исследуемых временных рядах только в снятом виде.

Преобразование исходных данных в информацию, а ее в знания в СК-анализе

Исходные *данные* об объекте управления и прогнозирования обычно представлены в форме баз данных, чаще всего временных рядов, т.е. данных, привязанных ко времени. Использовать для прогнозирования и принятия решений непосредственно исходные данные не представляется возможным. Для этого необходимо предварительно преобразовать данные в информацию и знания [3].

Информация есть *осмысленные* данные [3]. Смысл данных, в соответствии с концепцией смысл Шенка-Абельсона, состоит в том, что известны причинно-следственные зависимости между событиями, которые описываются этими данными. Таким образом, данные преобразуются в информацию в результате операции, которая называется «*Анализ данных*», которая состоит из двух этапов [3]:

1. Выявление событий в данных.
2. Выявление причинно-следственных зависимостей между событиями.

В случае систем управления и прогнозирования *событиями* в данных являются совпадения определенных значений входных факторов и выходных параметров объекта управления и прогнозирования, т.е. по сути, *случаи* перехода объекта управления и прогнозирования в определенные будущие состояния под действием определенных сочетаний значений управляющих факторов. Качественные значения входных факторов и выходных параметров естественно формализовать в форме лингвистических переменных. Если же входные факторы и выходные параметры являются числовыми, то их значения измеряются с некоторой погрешностью и фактически представляют собой *интервальные числовые значения*, которые также могут быть представлены или формализованы в форме лингвистических переменных [4].

Какие же математические меры могут быть использованы для количественного измерения силы и направления причинно-следственных зависимостей?

Наиболее очевидным ответом на этот вопрос, который обычно первым всем приходит на ум, является: «*Корреляция*». Однако, как это известно в статистике, это совершенно не так. Это хорошо видно из следующего простого наглядного примера. Допустим, в результате проведенного исследования выяснилось, что среди водителей, совершивших ДТП, определенный процент имеют содержание алкоголя в крови выше 0.2 промилле. Из одного этого никак не следует, что это фактор, повышающий риск совершения ДТП, т.к. неизвестно какой процент водителей с таким же содержанием алкоголя в среднем по всей исследованной выборке. Если бы это было известно, то было бы три основных варианта:

1. Вероятность встретить алкоголь в крови совершивших ДТП выше, чем в среднем по всей выборке.

2. Они равны.

3. Вероятность встретить алкоголь в крови совершивших ДТП ниже, чем в среднем по всей выборке.

В первом случае есть основания утверждать, что алкоголь – это фактор повышения риска ДТП, во втором таких оснований нет, а в третьем, даже можно говорить о том, что содержание алкоголя снижает риск ДТП⁴.

Следовательно, для преобразования исходных данных в информацию необходимо не только выявить события в этих данных, но найти причинно-следственные связи между этими событиями.

Знания – это информация, *полезная* для достижения целей (рисунок 2).

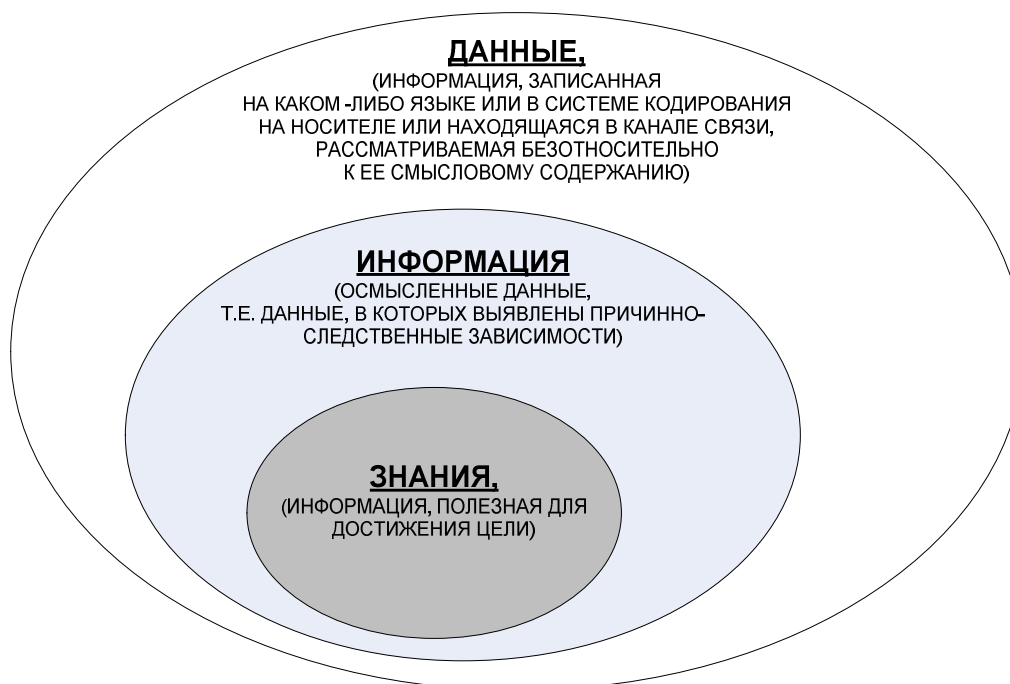


Рисунок 2. Соотношение содержания понятий:
«данные», «информация», «знания»

Значит для преобразования информации в знания необходимо [3]:

1. Поставить цель.
2. Оценить полезность информация для достижения цели.

⁴ Естественно, на практике вероятнее всего реализуется 1-й вариант, однако для изучения конкретного влияния концентрации необходимы дополнительные исследования.

Второй пункт, по сути, выполнен при преобразовании данных в информацию. Поэтому остается выполнить только первый пункт, т.к. классифицировать будущие состояния объекта управления и прогнозирования как желательные (целевые) и нежелательные.

Знания могут быть представлены в различных формах, характеризующихся различной *степенью формализации*:

- вообще неформализованные знания, т.е. знания в своей собственной форме, ноу-хау (мышление без вербализации есть медитация);
- знания, формализованные в естественном вербальном языке;
- знания, формализованные в виде различных методик, схем, алгоритмов, планов, таблиц и отношений между ними (базы данных);
- знания в форме технологий, организационных производственных, социально-экономических и политических структур;
- знания, формализованные в виде математических моделей и методов представления знаний в автоматизированных интеллектуальных системах (логическая, фреймовая, сетевая, продукционная, нейросетевая, нечеткая и другие).

Таким образом, для решения сформулированной проблемы необходимо осознанно и целенаправленно *последовательно повышать степень формализации* исходных данных до уровня, который позволяет ввести исходные данные в интеллектуальную систему, а затем:

- преобразовать исходные данные в информацию;
- преобразовать информацию в знания;
- использовать знания для решения задач прогнозирования, принятия решений и исследования предметной области.

Количественные меры знаний в СК-анализе

При этом используются различные количественные меры знаний (таблица 1):

Таблица 1 – Различные аналитические формы частных критериев знаний в системе «Эйдос-X++» (согласно [12])

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия	
	через относительные частоты	через абсолютные частоты
INF1 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу. Вероятность того, что если у объекта j -го класса обнаружен признак, то это i -й признак	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_i N_j}$
INF2 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу. Вероятность того, что если предъявлен объект j -го класса, то у него будет обнаружен i -й признак.	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_i N_j}$
INF3 , частный критерий: Хи-квадрат : разности между фактическими и теоретически ожидаемыми абсолютными частотами	---	$I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_i N_j}{N}$
INF4 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} - 1$
INF5 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} - 1$
INF6 , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$
INF7 , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$

Схема преобразования исходных данных в информацию, а ее в знания, и решения на основе молей знаний задач прогнозирования, принятия решений и исследования предметной области, представлена на рисунке 3:

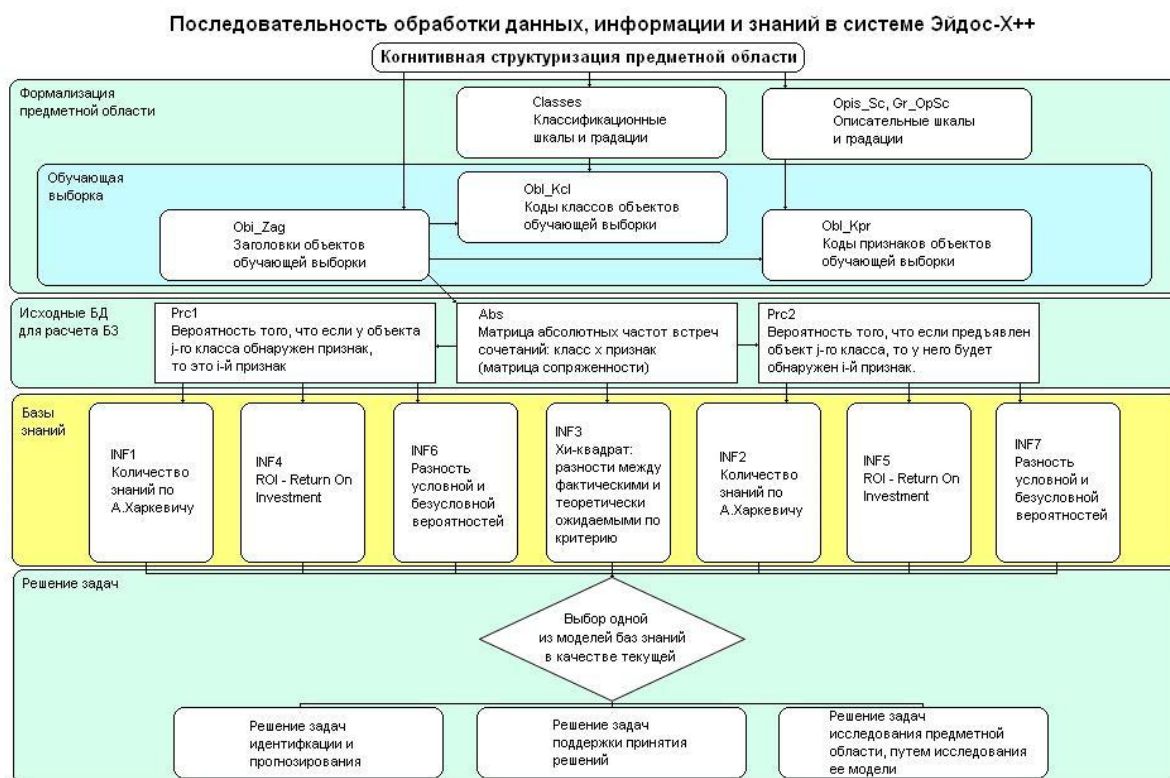


Рисунок 3. Технология системно-когнитивного анализа преобразования исходных данных в информацию, а ее в знания, реализованная в системе «Эйдос-Х++» [3, 12]

Декомпозиция цели в задачи-этапы решения проблемы

Реализуем намеченную программу преобразования исходных данных в информацию, а ее в знания и на основе полученных системно-когнитивных моделей (моделей знаний) предложим решение поставленной проблемы. Для этого в работе [2] предложены следующие этапы СК-анализа:

1. Когнитивная структуризация предметной области, при которой определяется, что мы хотим прогнозировать и на основе чего (конструирование классификационных и описательных шкал).

2. Формализация предметной области: разработка градаций классификационных и описательных шкал (номинального, порядкового и числового типа); использование разработанных на предыдущих этапах классификационных и описательных шкал и градаций для формального описания (кодирования) исходных данных (исследуемой выборки).

3. Синтез и верификация (оценка степени адекватности) модели.

4. Если модель адекватна, то ее использование для решения задач идентификации, прогнозирования и принятия решений, а также для исследования моделируемой предметной области.

Выводы

В данной работе в общем виде сформулирована проблема создания научно-обоснованного и эффективного *инструмента прогнозирования* динамики урожайности подсолнечника по районам Краснодарского края и краю в целом.

Предложена и обоснована возможность прогнозирования сценария изменения урожайности подсолнечника путем применения технологий искусственного интеллекта, в частности метода системно-когнитивного анализа, отличающаяся от традиционных тем, что обеспечивается построение и адаптация модели сложного динамического территориально распределенного нелинейного объекта прогнозирования непосредственно на основе фрагментированной и зашумленной эмпирической информации о нем. На основе этой модели могут решаться задачи идентификации, прогнозирования, поддержки принятия управляющих решений и исследования объекта моделирования путем исследования его модели [1-12].

Литература

1. Луценко Е.В. Применение СК-анализа и системы «Эйдос» для синтеза когнитивной матричной передаточной функции сложного объекта управления на основе эмпирических данных / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(75). С. 681 – 714. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0008. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>, 2,125 у.п.л.

2. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с.

3. Луценко Е.В. Методологические аспекты выявления, представления и использования знаний в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №06(70). С. 233 – 280. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0197. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf>, 3 у.п.л.

4. Луценко Е.В. Типовая методика и инструментарий когнитивной структуризации и формализации задач в СК-анализе / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №01(3). С. 388 – 414. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/01/pdf/16.pdf>, 1,688 у.п.л.

5. Луценко Е.В. Метод когнитивной кластеризации или кластеризация на основе знаний (кластеризация в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос») / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №07(71). С. 528 – 576. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0253. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 у.п.л.

6. Луценко Е.В. Метод визуализации когнитивных функций – новый инструмент исследования эмпирических данных большой размерности / Е.В. Луценко, А.П. Трунев, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №03(67). С. 240 – 282. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0077. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/18.pdf>, 2,688 у.п.л.

7. Луценко Е.В. Когнитивные функции как адекватный инструмент для формального представления причинно-следственных зависимостей / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №09(63). С. 1 – 23. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0233. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/09/pdf/01.pdf>, 1,438 у.п.л.

8. Теория нечетких множеств и клеточных автоматов как инструментарий прогноза и адекватного отражения стохастической природы экономических процессов / Е.В. Попова, Н.О. Позднышева, Д.Н. Савинская и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. –

№03(67). С. 293 – 314. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0088. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/20.pdf>, 1,375 у.п.л.

9. Луценко Е.В., Лойко В.И., Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2005. – 480 с.

10. Луценко Е. В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 257 с.

11. Луценко Е.В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №01(1). С. 79 – 91. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/11.pdf>, 0,812 у.п.л.

12. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №09(83). С. 340 – 368. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/25.pdf>, 1,812 у.п.л.