

Наталья ЕРМАЛИНСКАЯ

Институт системных исследований
в АПК НАН Беларусь,
Минск, Республика Беларусь,
e-mail: whiteblack-white@yandex.by

УДК 338.436+334.7
<https://doi.org/10.29235/1818-9806-2025-11-3-27>

Мультиметрический подход к анализу кооперационных и интеграционных взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК: методологическая гипотеза, атрибутивная система оценки, процедурные средства реализации

Обоснована научная гипотеза проектирования методического подхода, уточнены ее ключевые компоненты (структурные, конструкционные, вычислительные, диагностические). Разработаны метрические (критериальные) карты анализа в разрезе архитектурных уровней (базового, конфигурирующего, системного) и функциональных модулей системы, обеспечивающие комплексное исследование различных форм кооперационного (интеграционного) взаимодействия субъектов хозяйствования в АПК. Дано определение интегральных категорий оценки (сингергичность, сбалансированность, эффективность, устойчивость). Представлена матрица соответствия метрических признаков элементам организационно-экономической модели формирования. Выстроен алгоритм реализации методики на основе применения математических инструментов исследования нечетких множеств в условиях субъективной и объективной неопределенности. Показаны научная новизна и возможности предложенного мультиметрического подхода при использовании в аналитической деятельности. Посредством вычислительного эксперимента подтверждена практическая применимость разработки.

Ключевые слова: кооперационные взаимодействия в агропромышленном комплексе, агропромышленные кооперативно-интегрированные структуры, производственно-сбытовые цепочки, критерии локального и интегрального уровней анализа, применение математических инструментов теории нечетких множеств.

© Ермалинская Н., 2025

Natallia YERMALINSKAYA

*Institute of System Researches in the Agroindustrial Complex
of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: whiteblack-white@yandex.by*

A multimetrical approach to the analysis of cooperative and integration interactions between economic entities in the agroindustrial complex: methodological hypothesis, attributive evaluation system, and procedural means of implementation

The scientific hypothesis of the methodological approach design has been substantiated, and its key components (structural, design, computational, diagnostic) have been specified. Metric (criteria) analysis maps have been developed for the architectural levels (basic, configuration, system) and functional modules of the system, providing a comprehensive study of various forms of cooperative (integration) interaction between economic entities in the agroindustrial complex. The definition of integral evaluation categories (synergy, balance, efficiency, sustainability) is given. A matrix of correspondence between metric features and elements of the organizational and economic model of formation is presented. An algorithm for implementing the methodology has been developed based on the use of mathematical tools for studying fuzzy sets in conditions of subjective and objective uncertainty. The paper demonstrates the scientific novelty and potential of the proposed multimetrical approach in analytical activities. The practical applicability of the method has been confirmed through a computational experiment.

Keywords: cooperative interactions in the agroindustrial complex, agroindustrial cooperative-integrated structures, production and distribution chains, criteria for local and integral levels of analysis, and the use of mathematical tools based on fuzzy set theory.

Введение

Усложнение и интенсивное масштабирование экономических связей на основе производственной кооперации в среде разнонаправленного влияния внешних факторов, многообразие организационных форм их структуризации и моделей стратегического развития, неоднородность субъектного состава создаваемых агропромышленных систем, необходимость совершенствования внутренних механизмов функционирования интегрированных структур и поиска резервов наращивания их хозяйственного потенциала обусловливают научную актуальность и практическую востребованность прогрессивного улучшения методических программ комплексного многокритериального анализа кооперационных и интеграционных взаимодействий в АПК. Приоритетной задачей проектирования аналитического инструментария становится получение релевантных и устойчивых оценок посредством нивелирования информационной асимметрии, вычислительных ограничений, а также действия факторов неопределенности, присущих реальным условиям исследовательской и хозяйственной практики.

В контексте обозначенной проблематики целью исследования стала разработка мультиметрического подхода к анализу кооперационных и интеграционных взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК посредством конкретизации методологической гипотезы, построения критериальной системы, а также обоснования алгоритма и математических средств его реализации.

Основная часть

Решение задачи проектирования методики комплексного анализа результативности межорганизационных связей и эффективности выстраиваемых на основе механизмов кооперации (интеграции) агропромышленных структур требует первоначального определения исходных условий и формулировки гипотезы изучения реальных экономических процессов.

Идея исследования базируется на рассмотрении кооперационных (интеграционных) взаимодействий в АПК как системы агропромышленного производства, ключевыми свойствами которой выступают:

неоднородность субъектного состава (организации одной или нескольких отраслей (сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность, торговля));

сложная структурированность организационно-экономических форм взаимодействия (связана с комплексным применением различных моделей построения и средств регулирования отношений – от мягкой экономической кооперации на основе долгосрочных соглашений до жесткой технологической и имущественной интеграции с использованием механизмов корпоративного управления или полного слияния);

динамичность (обусловлена естественным изменением состояния системы во времени и характеризуется ее способностью развиваться под воздействием внутренних процессов и разнородным влиянием внешних факторов).

В заданных концептуальных рамках *методологическую гипотезу проектирования* можно сформулировать так: вследствие проявления системной природы, сложности структурирования и множества форм реализации отношений релевантный методический подход, включающий мультиметрическую (много-критериальную) систему оценки и реализуемый в технике комплексной диагностики состояния и динамики кооперационных (интеграционных) взаимодействий в АПК, должен обеспечивать анализ атрибутивных (существенных) характеристик выстраиваемой системы производственно-экономических связей участников, устанавливать степень проявления ее свойств и способствовать достоверной оценке протекающих в ней процессов в условиях субъективной (исследовательской) и объективной (практической) неопределенности.

В основе рассматриваемого аналитического инструментария – ряд предположений, уточняющих выдвинутую гипотезу и определяющих его метрические, вычислительные и диагностические качества:

содержательные: 1) система вводимых оценочных признаков кооперативно-интеграционных процессов должна отличаться от традиционных (типичных) наборов критериев (дополнять их) для анализа экономической активности автономных хозяйствующих субъектов, включать специальные системные признаки взаимосвязи участников и степени выраженности интеграционных эффектов (в том числе синергии); 2) критерии должны выступать мерой проявления свойств исследуемой системы, давать характеристику ее архитектурным уровням и функциональным модулям (производство, организация, управление, развитие), обеспечивать оценку текущего состояния и процессов изменения (описывать статические и динамические качества);

конструкционные: 3) структурированность объекта оценки (вертикальная иерархичность, горизонтальная модульность, звеньность) выступает предусловием упорядоченности его разрозненных признаков (в частности, по уровням формирования на единичные, агрегированные (специальные, локальные) и интегральные (универсальные, глобальные)); 4) в зависимости от этапов (пред- и постинтеграционный) и целей анализа может преобладать значимость одних критериев над другими, а также изменяться состав локальных параметров в структуре интегральных;

процедурные: 5) выбор и комбинирование вычислительных средств должны обеспечивать комплексное решение (снижение проявления, нивелирование) ряда проблем: агрегации единичных признаков (показателей, различных по способу получения, системе измерения, форме представления) в синтетические метрики; фрагментарности (отсутствия части данных) и асимметричности используемых информационных баз; неразрешимости задачи применения различных показателей для анализа элементов неоднородных систем (сельскохозяйственного производства, переработки и сбыта при вертикальной интеграции); сочетаемости количественных и качественных характеристик;

диагностические: 6) математическая модель многомерного анализа должна обладать свойствами реализуемости (практической применимости), устойчивости (стабильности получаемых результатов при изменении условий анализа), чувствительности (обнаружения небольшого изменения выходных оценок при малых колебаниях входных параметров с учетом заданной погрешности вычислений); 7) итоговые оценки должны обладать диагностической релевантностью (универсальностью и однозначностью трактования, достаточностью для комплексной характеристики состояния объекта).

На основе принятых методологических аксиом разработана метрическая карта исследования кооперационных (интеграционных) взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК для локального уровня анализа (табл. 1).

Предложенные метрики распределены по архитектурным уровням многоэлементных экономических структур (базовому, конфигурирующему, системному) и функциональным модулям формирования (производственно-технологическому, организационно-экономическому, финансово-стратегическому, внешнему рыночному).

Таблица 1. Метрическая карта анализа кооперационных (интеграционных) взаимодействий в АПК (локальный уровень)

Архитектурный уровень системы		Внутренне функциональные модули системы		Внешний модуль системы
Базовый – субъектно-объектный (ресурсы, технологии, продукты)	Производственно-технологический (выпуск продукции)	организационно-экономический (структура, управление)	финансово-стратегический (внутренний потенциал развития)	рыночный (внешний потенциал развития)
Конфигурирующий – интеграционный ² (процессы, потоки)	Пропорциональность, связьность (степень взаимозависимости)	Комплементарность (соответствие, позволяющее формировать функционально целостный комплекс связей)	Синхронность, гармоничность (согласованное развитие частей и целого)	Системная (адаптивная, стратегическая) устойчивость (реализация целевой функции при переходе к более эффективным прогрессивным состояниям, способность создавать новые комбинации связей в соответствии с изменившимися условиями)
Системный (пространство взаимодействия)	Оптимальность (наилучшая сочетаемость компонентов системы); аллокативность (максимально эффективное распределение ресурсов с минимальными рисками)	Интерферируемость (взаимное увеличение результатирующих параметров)	Инвариантность (инновационные изменения при сохранении целостности системы)	

¹ Указан ключевой предмет (фокус) анализа.

² Определяется формой кооперации с более мягкими (клusterное взаимодействие) или тесными (интегрированное формирование) связями.

Причение. Составлена по результатам собственных исследований.

Реализованная классификация отличается от существующих выбранным способом комбинирования системного подхода с фундаментальными аспектами межорганизационных отношений. Это позволило сформировать необходимый для обеспечения требуемой достоверности оценок и достаточный для решения широкого спектра аналитических задач набор признаков, выступающих мерой проявления эмерджентных свойств, присущих кооперационным (интеграционным) связям в различных вариантах реализации (от сетевых до полного слияния).

В качестве интегральных (имеющих комплексный характер формирования и более высокий организационный уровень проявления) системных свойств и соответствующих им метрических категорий нами выделены «эффективность», «устойчивость», «сбалансированность», «синергичность». Данные параметры разделены по признаку учета временных изменений на статические (создание, функционирование) и динамические (развитие) подкатегории с введением специальной системы обозначений, используемой в дальнейшем описании, а именно: ЭФ – эффективность функционирования, ЭР – эффективность развития, УФ – устойчивость функционирования, УР – устойчивость развития, СФ – сбалансированность функционирования, СР – сбалансированность развития, СИ – синергичность.

Соотношение указанных критерии с локальными признаками анализа (см. табл. 1) представлено в табл. 2.

Таблица 2. Метрическая карта анализа кооперационных (интеграционных) взаимодействий в АПК (интегральный уровень)

Архитектурный уровень	Внутренние функциональные модули системы					
	производственно-технологический		организационно-экономический		финансово-стратегический	
Базовый – субъектно-объектный	Продуктивность, экономичность		Результативность, функциональная устойчивость		Экономическая активность, функциональная устойчивость	
	ЭФ	УФ	ЭФ	УФ	ЭР	УФ
Конфигурирующий – интеграционный	Пропорциональность, связанность	ЭФ СФ УФ СИ	Комплементарность	СФ УФ УР СИ	Синхронность, гармоничность	ЭР СР УР СИ
Системный	Оптимальность, аллокативность	ЭФ СФ УФ УР СИ	Интерферируемость	ЭР СР УР СИ	Инвариантность	

Примечание. Составлена по результатам собственных исследований.

Предлагаемая система измерения (см. табл. 2) отражает следующие наиболее важные аспекты:

синергичность как комплекс интеграционных эффектов может характеризоваться различными видами проявления (синергия процессов, ресурсов, финансовых, управления, инвестиций) с наибольшей вероятностью возникновения в «точках

сопряжения» на конфигурирующем и системном архитектурных уровнях формирования (сокращение производственных затрат за счет оптимизации загрузки оборудования, снижение трансакционных издержек, устранение дублирования административно-управленческих функций, минимизация цены привлечения капитала, уменьшение расходов на снабжение посредством стабилизации состава участников сырьевой зоны, балансирование инвестиционных потребностей при освоении новых рынков путем использования взаимодополняющих ресурсов, ослабление налоговой нагрузки в условиях применения трансферного ценообразования и пр.);

сбалансированность, являясь составным критерием, используется в качестве мерила структурной соразмерности элементов системы (статический аспект – СФ) и ее параметрической стабильности (динамический аспект – СР) при воздействии факторов различной природы (внутренних, внешних), а также позволяет оценить степень сформированности конфигурирующего (пропорциональности потоков, синхронности процессов) и системного (сопряженности пространства взаимодействия) слоев кооперативно-интегрированного образования;

эффективность, выступая центральной собирающей диагностической категорией экономического анализа, характеризует текущие пропорции (состояние в фиксированный момент времени – ЭФ) и положительную динамику (изменение с восходящим трендом – ЭР) воспроизводственного процесса хозяйственной деятельности, а также определяется путем сопоставления полезных эффектов интеграции (целей, планов, результатов) на базовом уровне со структурой и мерой использования ресурсного портфеля участников (технологий, средств производства, живого труда, инвестиционных вложений, управляемого фактора); на *конфигурирующем* – с интенсивностью и ритмичностью взаимодействия субъектов, шириной охвата и структурной паритетностью звеньев производственной цепочки, состоянием интеграции материальных (в том числе финансовых) и управляемых активов; на *системном* – со степенью реализации потенциала объединения с учетом внутренней и внешней среды посредством рационального распределения совместных ресурсов, минимизации операционных и стратегических рисков, взаимного увеличения результирующих параметров деятельности участников, укрепления рыночных позиций, прогрессивного инновационного роста и пр.;

устойчивость (тесно коррелируемый с эффективностью и сбалансированностью признак) характеризует способность сложной экономической системы к сохранению структурных (внутренних взаимосвязей, организационной целостности) и функциональных (достигнутой пропорциональности звеньев производственно-сбытовой цепочки, эффективности использования материальных ресурсов, интенсивности воспроизводства) параметров в условиях воздействия внутренних (в том числе разнонаправленности интересов участников) и внешних факторов в процессе достижения заданных целевых установок (*устойчивость функционирования* – УФ), а также к наращиванию хозяйственного и рыночного потенциала объединения в долгосрочной перспективе при обеспечении его эко-

номической безопасности посредством выработки механизмов компенсации изменений внешней среды и перехода к более эффективным состояниям с новыми комбинациями связей (устойчивость развития – УР).

Реализация выдвинутой нами научной гипотезы требует гармонизации (встраивания) выбранных измерительных признаков с элементами организационно-экономической модели кооперационного (интегрированного) формирования. В табл. 3 представлена корреспондирующая матрица инструментов, механизмов, систем координирования межсубъектных взаимодействий с соответствующими элементами шкалы из табл. 1, на рис. 1 – дополняющая табл. 3 структурная модель мультиметрического анализа в контексте параметрических, функциональных, регулирующих связей.

Данный подход позволит обосновать принцип выбора конкретных экономических показателей для расчета предлагаемых метрик локального и интегрального уровней, а также будет способствовать улучшению диагностических свойств получаемых оценок и разрабатываемых на их основе рекомендаций по обеспечению развития кооперационных (интеграционных) отношений в сфере агропромышленного производства.

Процедурные средства мультиметрической оценки кооперационных (интеграционных) взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК представляют собой комбинацию аналитических модулей и вычислительных техник, последовательная реализация которых подчинена единой логике, отражает архитектуру критериальной системы, а также осуществляется на основе предопределенных правил обработки исходных и модифицированных (преобразованных) данных, обеспечивающих интеграцию всех элементов (метрического, измерительного, диагностического) разрабатываемой методической программы.

В фундамент предлагаемого вычислительного аппарата заложен ряд идей, обеспечивающих реализацию заявленной ранее исследовательской гипотезы.

Во-первых, в многопараметрической задаче релевантным механизмом преобразования единичных признаков (показателей, различных по способу получения, системе измерения, форме представления) в синтетические (агgregированные, безразмерные) метрики, описывающие нечеткие (неоднозначные) состояния сложноструктурированных динамических систем агропромышленного производства в условиях неопределенности (расплывчатости, нелинейности), могут выступать математические инструменты исследования нечетких множеств (функция желательности Харрингтона, классификаторы на основе серой шкалы Постпелова и функции принадлежности).

Практическая применимость и диагностические возможности аппарата теории нечетких множеств и нечеткой логики относительно многокритериальных исследований экономических систем подтверждены фундаментальными и прикладными работами таких авторов, как Т. И. Безбородова [1], Н. А. Карпова [2], П. П. Логинов [3], Н. П. Любушкин, Г. Е. Брикач [4], А. О. Недосекин [5, 6], С. Н. Фролов [6], А. С. Пуряев [7] и др.

Таблица 3. Корреспондирующая матрица локальных метрик с элементами организационно-экономической модели кооперированного (интегрированного) формирования

Архитектурный уровень – системы	Внутренние функциональные модули системы					Внешний модуль
	производственно-технологический (выпуск продукции)	код	организационно-экономический (структура, управление)	код	финансово-стратегический (внутренний потенциал развития)	
Базовый – субъектно-объектный (ресурсы, технологии, продукты)	M: продуктивность, экономичность	Б-01	M: результативность, финансовая устойчивость	Б-02	M: экономическая активность, финансовая устойчивость	Б-03
	ОЭР: методы организации и экономические инструменты управления производственной деятельностью	Б-ПГ	ОЭР: организационно-экономический механизм управления хозяйственными процессами участников	Б-ОЭ	ОЭР: финансово-экономический и инвестиционный механизмы функционирования участников	Б-ФС
	ОП: уровень наличия и использования производственных ресурсов участников	–	ОП: уровень доходности и рентабельности активов	–	ОП: уровень долговой активности, финансовой устойчивости	–
Конфигурирующий – интеграционный (процессы, потоки)	M: пропорциональность, связанность	К-11	M: комплементарность	К-12	M: синхронность, гармоничность	К-13
	ОЭР: механизм интеграции технологических звеньев, консолидации производственных ресурсов	К-ПГ	ОЭР: система управления оперативными связями; механизм выравнивания экономических условий хозяйствования	К-ОЭ	ОЭР: система регулирования воспроизводственных процессов; модель распределительных отношений	К-ФС
	ОП: степень включенности (доля внутренних поставок) в интегрированную цепочку; интенсивность и ритмичность взаимодействия; уровень специализации и кооперирования подразделений	–	ОП: параметры производственно-сбытовой сети (длина, структурная паритетность, плотность потока)	–	ОП: пропорциональность наращивания хозяйственного потенциала звеньев производственно-сбытовой цепи	–

Окончание табл. 3

Внутренние функциональные модули системы						Внешний модуль
Архитектурный уровень системы	производственно-технологический (выпуск продукции)	код организационно-экономический (структура, управление)	код финансово-стратегический (внутренний потенциал развития)	код (внешний потенциал развития)	код (внешний потенциал развития)	
Системный (пространство взаимодействия)	M: оптимальность, аллокативность ОЭР: механизм оптимизации состава и пропорций производственно-сбытовой цепи, система управления консолидированными ресурсами	C-21 C-ПГ M: интерферируемость	C-22 С-ОЭ M: инвариантность	C-23 С-ФС	M: системная (адаптивная, стратегическая) устойчивость. ОЭР: механизмы активного воздействия на факторы внешнего окружения за счет хозяйственного потенциала системы. ОП: показатели капитализации бизнеса	

П р и м е ч а н и я:

1. Приняты следующие условные обозначения: локальная метрика (M), организационный и (или) экономический регуляторы (ОЭР), определяемые признаки (показатели) (ОП).
2. Приведенная колонка соответствует условным обозначениям на рис. 1.
3. Знак «→» (прочерк) указывает на отсутствие необходимости ввода условного обозначения.
4. Составлена по результатам собственных исследований.

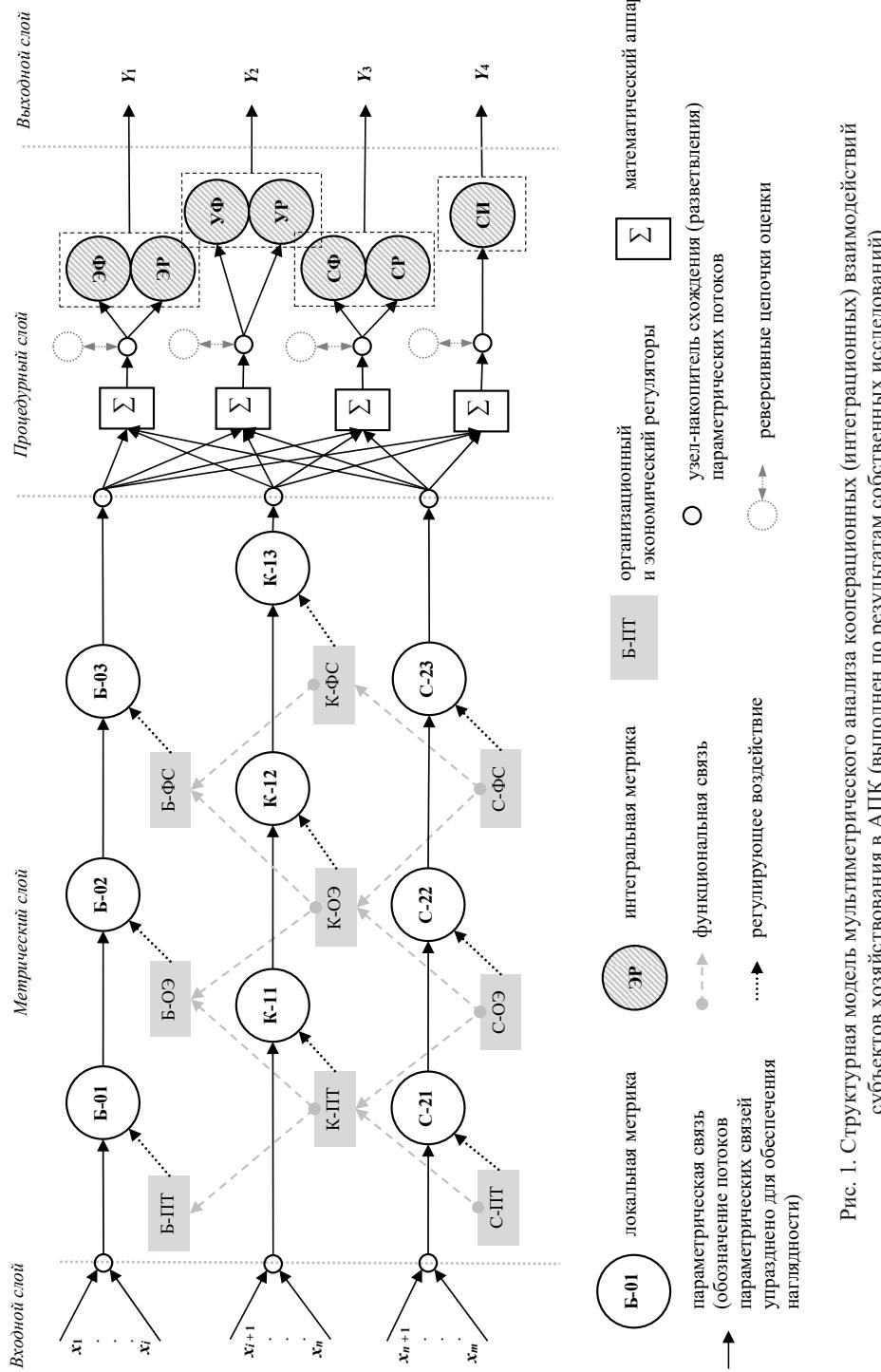


Рис. 1. Структурная модель мультиметрического анализа кооперационных (интеграционных) взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК (выполнен по результатам собственных исследований)

Неопределенность, порождающая необходимость применения нечетких оценок, по мнению П. П. Логинова [3] и А. С. Пуряева [7], а также с учетом нашего видения обусловлена несколькими группами факторов:

субъективными (неполным (фрагментарным) представлением о механизмах функционирования сложной системы и взаимосвязях ее элементов, различием взглядов и подходов исследователей при идентификации существенных и несущественных признаков, трудностью комбинирования разноразмерных показателей при построении обобщающих индикаторов);

объективными (высокой нестабильностью внешней среды и действием внутренних слабо контролируемых факторов хозяйствования в неоднородных структурах, измерительной размытостью (отсутствием точных количественных признаков) системных свойств, необходимостью упрощения на этапе формализации (математического описания) моделей реальных объектов, нелинейностью экономических процессов и потерей точности при линеаризации описывающих их зависимостей).

Действие перечисленных факторов требует поиска компромисса между сложностью и неопределенностью исследуемой модели кооперационного (интеграционного) взаимодействия агентов агропромышленного производства.

Во-вторых, механизм агрегации (сведения) безразмерных показателей в иерархически упорядоченные локальные метрики по архитектурным уровням и функциональным модулям анализируемого объединения (см. табл. 1) необходимо выстраивать на основе техники взвешивания: для базового уровня – по вкладу хозяйствующих единиц (участников) в совокупный результат, в качестве меры которого может выступать доля создаваемой ими добавленной стоимости в производственно-сбытовой цепи; для конфигурирующего уровня – на основе количественной характеристики силы парных связей между смежными звеньями, которая может быть выражена долей межзвенного материального потока (суммарной парной добавленной стоимости) в аналогичных общесистемных параметрах.

В-третьих, механизм агрегации локальных метрик (базовых, конфигурирующих, системных) в интегральные (ЭФ, ЭР, УФ, УР, СФ, СР, СИ) предполагает использование предложенных в табл. 2 комбинаций и расчета их средней геометрической оценки.

Технологическая карта применения выбранных процедурных средств реализации мультиметрической оценки кооперационных (интеграционных) взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК представлена на рис. 2.

На этапе *параметризации* локальных метрик (I.П), описанных в табл. 1, осуществляется подбор соответствующих им показателей оценки (x_{ijvu} , где i – архитектурный уровень (базовый, конфигурирующий, системный), j – функциональный модуль (производство, управление, потенциал развития), v – порядковый номер показателя, который вводится в случае описания одной метрики несколькими признаками, u – участник (звено)). В целях упрощения восприятия



Рис. 2. Технологическая карта мультиметрической оценки кооперационных (интеграционных) взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК
(выполнен по результатам собственных исследований)

описываемых операций обозначение x_{ijvu} в дальнейшем изложении будет сокращено до x_i .

Единичные показатели следует рассчитывать по каждому участнику (i) (хозяйствующей единице, звену производственной цепи) с последующим переводом в безразмерные величины и агрегацией в соответствующие метрики. В табл. 3 рекомендованы оценочные признаки, которые могут быть использованы для исследования заданных уровней (i) и функциональных модулей (j).

Этап *кодировки и калибровки* оценочных параметров (II.КК) включает ряд последовательных операций, выполняемых с использованием математического аппарата функции желательности (предпочтительности) Харрингтона [1, 4, 7]. *Кодировка* позволяет преобразовать натуральные величины выбранных показателей x_i в кодированные значения y_i . Трансформация проводится путем определения границ допустимых значений единичных показателей x_i . Если улучшение функции желательности происходит при одностороннем изменении x_i , то устанавливаются верхний $x_{i\max}$ или нижний $x_{i\min}$ предел в односторонних ограничениях (соответственно, $x_i \leq x_{i\max}$ или $x_i \geq x_{i\min}$) (формула (1)). В противном случае используются двухсторонние ограничения вида $x_{i\min} \leq x_i \leq x_{i\max}$ (формула (2)):

$$y_i = \frac{x_{i\max} - x_i}{x_{i\max}} \text{ или } y_i = \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max}}, \quad (1)$$

$$y_i = \frac{2x_i - (x_{i\max} + x_{i\min})}{x_{i\max} - x_{i\min}}. \quad (2)$$

В отличие от техники нормализации данных натуральные показатели в модели Харрингтона кодируются для получения безразмерных величин. Это не требует приведения значений x_i к стандартному нормальному распределению в диапазоне $[0; 1]$. Это обусловлено тем, что по своей сути функция желательности является логистической S-образной кривой [4, с. 3] с входными значениями аргументов в диапазоне $[-\infty; +\infty]$, приближаясь к 0 или 1 соответственно.

Следует конкретизировать условия использования формулы (1) при выборе одностороннего типа ограничений:

а) для показателей, увеличение которых улучшает функцию желательности (например, выход продукции или рентабельность реализации), необходимо устанавливать нижний допустимый предел $x_{i\min}$ (чем дальше x_i от $x_{i\min}$, тем выше оценка d_i);

б) для показателей, которые улучшают функцию желательности посредством снижения (например, производственные затраты), определяется верхний допустимый предел $x_{i\max}$ (чем меньше x_i по сравнению с $x_{i\max}$, тем выше оценка d_i).

Калибровка осуществляется на основе нелинейной функции Харрингтона путем расчета уровня желательности (предпочтительности) d_i единичных показателей x_i , переведенных в кодированное значение y_i . Для одностороннего ограничения применяется формула (3), двухстороннего – формула (4):

$$d_i = e^{-e^{-y_i}}, \quad (3)$$

$$d_i = e^{-|y_i|^n}, \quad (4)$$

где n – показатель степени, вычисляемый через логарифмирование предпочтительного уровня желательности d_i (обычно из интервала $[0,6; 0,9]$) кодированного значения y_i .

Харрингтоном предложена безразмерная 5-интервальная шкала интерпретации значений функции желательности [1, 4, 7]: $[0; 0,20]$ – очень плохо, $[0,20; 0,37)$ – плохо, $[0,37; 0,63)$ – удовлетворительно, $[0,63; 0,80)$ – хорошо, $[0,80; 1,00]$ – отлично.

Таким образом, выбранный подход преобразования разноразмерных показателей позволяет избежать проблем линеаризации и, что более важно, сместить фокус оценки с проверки функционального характера распределения данных (соответствия нормальному распределению) на учет (сохранение при преобразовании) формальных закономерностей изменения состояния системы, описываемых наблюдаемыми величинами.

На этапе *распознавания* уровней принадлежности параметров желательности (III.P) с использованием классификаторов серой шкалы Поспелова и функций

принадлежности нечеткого множества оценивается степень уверенности (неуверенности), определенности (неопределенности), однозначности (неоднозначности) и четкости (размытости) значений d_i , полученных на этапе II.КК. Указанные свойства могут наследоваться при приведении показателей к безразмерному виду в условиях информационной асимметрии и многоуровневой структуризации метрик, отдаляя получаемые оценки от реального состояния экономической системы.

Следует отметить, что, по утверждению Н. П. Любушкина и Г. Е. Брикача [4, с. 3], диапазон распределения оценок желательности $d_i \in [0; 1]$ соответствует множеству значений, на которых определена функция принадлежности $\mu(d_i) \in [0; 1]$, что позволяет установить соразмерность между ними.

Из предлагаемого перечня функций принадлежности (треугольной, трапециевидной, гауссовой) рекомендуется использовать именно трапециевидную форму (формула (5)) [5]. Данная модель дает возможность определить принадлежность параметров по пяти уровням уверенности (очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий), что в наибольшей степени соответствует описанной ранее 5-интервальной шкале Харрингтона и позволяет сохранить интерпретационную согласованность всех этапов анализа.

Если трапециевидную функцию принадлежности $\mu(z)$ описать числами (a, b, c, h) , определяющими границы интервалов нечетких переменных в пределах $[0; 1]$, то ее можно представить в виде формулы (5):

$$\mu(z) = \begin{cases} 1 - \frac{b-z}{b-a}, & a \leq z \leq b \\ 1, & b \leq z \leq c \\ 1 - \frac{z-c}{h-c}, & c \leq z \leq h \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (5)$$

В нашем случае переменная z соответствует оценке d_i .

Так как уровни желательности d_i уже определены в диапазоне $[0; 1]$, то для расчета параметров трапециевидной функции a, b, c, h и проведения нечеткой классификации d_i может быть использован предложенный О. А. Недосекиным [5, 6] стандартный 5-уровневый классификатор на 01-носителе (отрезке $[0; 1]$ вещественной оси). Данный классификатор обеспечивает получение проекции нечеткого лингвистического описания на 01-носитель с узловыми точками, формирующими вектор значений $\vec{B} (0,075; 0,3; 0,5; 0,7; 0,925)$ [5], и является разновидностью серой (поляризованной) шкалы Поспелова [8].

Описанная трапециевидная функция принадлежности $\mu(d_i)$ имеет три зоны (абсолютной уверенности – $\mu(d_i) = 1$; пониженной уверенности – наклонное ребро трапециевидного нечеткого числа; абсолютной неуверенности – $\mu(d_i) = 0$) [6, с. 51–52]), попадание в которые точки желательности d_i позволяет получить от одной до двух оценок принадлежности за счет пересечения (наложения) нечетких

интервалов. Таким образом, одно и то же значение анализируемого параметра может быть распознано в нескольких смежных диапазонах лингвистической интерпретации его уровня, например как «низкий» и «средний» или «высокий» и «очень высокий».

Дополнение математических алгоритмов этапа *кодировки и калибровки* (II.КК) приемами получения нечетких оценок, кратко описанных выше (III.Р), позволит обеспечить формализацию неопределенности (перевод нечетких оценок в четкие числовые значения), нивелировать искажающее действие ее факторов в комплексном анализе неоднородной сложноструктурированной экономической системы в условиях информационной фрагментарности (например, объективно вынужденного использования разноплановых наборов показателей для оценки одной и той же метрики в различных звеньях (сельскохозяйственное производство, переработка, сбыт) производственно-сбытовой цепи или отсутствия некоторых данных по участникам анализируемой группы), а также повысить релевантность методического инструментария при качественной диагностике реальной ситуации.

Реализация этапа *агрегации* уровней принадлежности и *сведения* показателей в локальные метрики (IV.AC) предполагает пошаговое выполнение следующих операций:

1) расчет обобщенных (агрегированных) оценок полученных на предыдущем этапе *распознавания* (III.Р) уровней принадлежности (μ_i) в частные базовые (по участникам или звеньям цепи $i = b$, m_{bju}), конфигурирующие (по смежным парам участников или звеньев $i = k$, $m_{kj(u,u+1)}$) и системные (по объединению в целом $i = s$, m_{sj}) локальные метрики:

$$m_i = 0,075 \sum_{\text{ОН}} \mu_i + 0,3 \sum_{\text{Н}} \mu_i + 0,5 \sum_{\text{С}} \mu_i + 0,7 \sum_{\text{В}} \mu_i + 0,925 \sum_{\text{ОВ}} \mu_i, \quad (6)$$

где m_i – общее обозначение частных локальных метрик всех уровней (m_{bju} , $m_{kj(u,u+1)}$, m_{sj}); ОН, Н, С, В, ОВ – условные обозначения диапазонов идентификации уровней принадлежности (очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий); коэффициенты 0,075, 0,3, 0,5, 0,7, 0,925 соответствуют узловым точкам стандартного 5-уровневого классификатора О. А. Недосекина [5].

Формула (6) является адаптированной версией расчета агрегированного показателя, предложенного О. А. Недосекиным [5]. Также следует помнить, что для одного d_i может быть получено до двух оценок принадлежности μ_i .

В случае описания метрики m_i несколькими показателями x_i нужно учесть их значимость (вес) в формировании m_i в соответствии с формулой (7):

$$m_i = 0,075 \sum_{\text{ОН}} r_i \mu_i + 0,3 \sum_{\text{Н}} r_i \mu_i + 0,5 \sum_{\text{С}} r_i \mu_i + 0,7 \sum_{\text{В}} r_i \mu_i + 0,925 \sum_{\text{ОВ}} r_i \mu_i, \quad (7)$$

где r_i – уровень значимости (вес) показателя x_i , для которого рассчитана оценка μ_i в пределах характеризуемой метрической группы (при равнозначности x_i определяется как отношение 1 к их суммарному количеству);

2) сведение полученных частных локальных метрик (m_{bju} , $m_{kj(u,u+1)}$, m_{sj}) в системные метрики базового M_{bj} , конфигурирующего M_{kj} , системного M_{sj} уровней по принципу средней геометрической взвешенной (формулы (8), (9)) и простой (формула (10)):

$$M_{bj} = \sum w_u \sqrt{\prod_u m_{bju}^{w_u}}, \quad (8)$$

$$M_{kj} = \sum (w_u + w_{u+1}) \sqrt{\prod_u m_{kj(u,u+1)}^{(w_u + w_{u+1})}}, \quad (9)$$

$$M_{sj} = \sqrt[T]{\prod m_{sj}}, \quad (10)$$

где w_u – доля создаваемой добавленной стоимости в производственно-сбытовой цепи u -й хозяйствующей единицей (участником); ($w_u + w_{u+1}$) – доля суммарной парной добавленной стоимости смежных хозяйствующих единиц (участников); T – суммарное количество оценок m_{sj} .

Завершающий вычисления этап – *комбинирование локальных метрик в интегральные* (V.K). Он реализуется путем расчета средней геометрической величины G по аналогии с формулой (10) в соответствии с предложенными сочетаниями в табл. 2 (наборами локальных метрик, формирующих интегральный уровень).

Этап лингвистического *распознавания* оценок и *диагностирования* состояния системы (VI.РД) – последний в предлагаемой методической программе анализа. Для сохранения вычислительной преемственности он должен выстраиваться на основе классификатора трапециевидной функции принадлежности и 5-уровневой шкалы Харрингтона [1, 2, 4, 7]. Соответствующая классификационная шкала и ее диагностические возможности представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Лингвистическая шкала распознавания системных локальных (M_{bj} , M_{kj} , M_{sj}) и интегральных метрик G

Значение	Уровень	Диагностическая характеристика
[0; 0,2)	Очень низкий	Недопустимое состояние системы, отрицательная синергичность, прогрессирующая деградация. Требуется изменение формы взаимодействия и состава участников, поиск инвестиционных источников, технико-технологическая модернизация производства, освоение эффективных методов управления
[0,2; 0,4)	Низкий	Допустимое неэффективное (неустойчивое, несбалансированное) состояние; отсутствие синергетических эффектов. Рекомендуется выработка эффективных производственно-технологического, организационно-экономического, инвестиционного механизмов взаимодействия субъектов; возможен поиск новых партнеров
[0,4; 0,6)	Средний	Приемлемое эффективное (устойчивое, сбалансированное) состояние системы; задействованы первичные (масштаба и структуры) источники синергии.

Значение	Уровень	Диагностическая характеристика
		Рекомендуется наращивание производственно-экономического потенциала системы (в том числе на научно-инновационной основе), оптимизация структуры и улучшение качественных характеристик цепочки создания стоимости
[0,6; 0,8)	Высокий	Нормальная эффективность (устойчивость, сбалансированность) системы; задействованы вторичные (оптимизационные) источники синергии. Рекомендуется выработка гармонизирующей модели поддержки достигнутых параметров и реализации производственно-экономического потенциала системы
[0,8; 1,0]	Очень высокий	Абсолютная эффективность (устойчивость, сбалансированность) агропромышленной системы; достижение сверхсинергичности. Целесообразно обоснование экономической модели долгосрочного развития с учетом возможных отклонений под действием внутренних и внешних факторов

При меч ани е. Составлена по результатам собственных исследований.

Для детального исследования состояния системы указанные характеристики могут быть расширены как в горизонтальном направлении (сравнительный анализ уровней интегральных метрик G), так и в вертикальном (сравнительный анализ уровней интегральных метрик G и формирующих их композиций системных локальных метрик (M_{bj}, M_{kj}, M_{sj})).

В целях подтверждения практической применимости предлагаемого алгоритма мультиметрической оценки, его адекватности в решении поставленной научной задачи и диагностических возможностей анализа кооперационных (интеграционных) взаимодействий участников агропромышленного производства нами проведен следующий вычислительный эксперимент.

Объектом анализа выбрана кооперативно-интегрированная структура в форме агрокомбината, представляющая собой многоотраслевой комплекс с завершенным циклом производства в рамках одного юридического лица. Данный формат взаимодействия позволяет упразднить разделение оцениваемых параметров по участникам (u), что приводит к соответствуанию частных локальных метрик ($m_{bju}, m_{kj(u,u+1)}, m_{sj}$) их системных оценкам (M_{bj}, M_{kj}, M_{sj}) и исключает необходимость применения формул (8)–(10).

Демонстрационный пример ограничен определением интегральных метрик эффективности (ЭФ), устойчивости (УФ) и сбалансированности (СФ) функционирования агрокомбината, а также формирующих их композиций локальных метрик базового (продуктивность, результативность, финансовая устойчивость), конфигурирующего (связанность, комплементарность) и системного (оптимальность) уровней (см. табл. 2).

Для оценки выбранных признаков предлагается использовать набор единичных показателей (табл. 5).

Таблица 5. Единичные показатели оценки x_i выбранных локальных метрик

Показатель	Код ¹	Текущее значение ²	Допустимое значение ³	Направление улучшения ⁴
Продуктивность, экономичность (Б-01)				
Инвестиции на 1 балло-гектар сельхозземель, руб.	Б-01.1	52,39	70,00	↑H*
Производительность труда на 1 среднегодового занятого работника, тыс. руб.	Б-01.2	130,00	85,00	↑H*
Фондоотдача	Б-01.3	0,62	0,50	↑H*
Урожайность зерна на 1 балло-гектар посевных площадей, кг	Б-01.4	127,19	145,00	↑H*
Среднегодовой убой молока от 1 коровы, кг	Б-01.5	5688	4550	↑H
Среднесуточный привес КРС, г	Б-01.6	970	688	↑H
Среднесуточный привес свиней, г	Б-01.7	657	575	↑H
Себестоимость производства 1 т зерна, тыс. руб.	Б-01.8	0,62	0,81	↓B
Себестоимость производства 1 т молока, тыс. руб.	Б-01.9	1,82	2,07	↓B
Себестоимость производства 1 т привеса КРС, тыс. руб.	Б-01.10	1,67	2,44	↓B
Себестоимость производства 1 т привеса свиней, тыс. руб.	Б-01.11	1,18	1,72	↓B
Валовая продукция сельского хозяйства в расчете на 1 балло-гектар сельхозземель, руб.	Б-01.12	127,90	145,00	↑H*
Выход продукции из 1 т переработанного сырья (молоко), тыс. руб.	Б-01.13	6,31	3,26	↑H
Выход продукции из 1 т переработанного сырья (свинина), тыс. руб.	Б-01.14	35,00	20,00	↑H
Объем реализации, приходящийся на 1 торговый объект собственной сети, тыс. руб.	Б-01.15	6055,56	4510,00	↑H
Результативность (Б-02)				
Окупаемость затрат в сельскохозяйственном производстве, %	Б-02.1	88,00	100,00	↑H
Рентабельность реализованной продукции, %	Б-02.2	24,00	15,00	↑H
Рентабельность активов, %	Б-02.3	9,40	6,20	↑H
Экономическая активность, финансовая устойчивость (Б-03)				
Покрытие кредиторской задолженности выручкой	Б-03.1	3,85	2,00	↑H
Коэффициент текущей ликвидности	Б-03.2	1,10	1,00	↑H*
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	Б-03.3	0,73	1,00	↑H*
Коэффициент финансовой автономии (независимости)	Б-03.4	0,96	1,00	↑H*
Коэффициент финансового левереджа	Б-03.5	0,67	1,00	↓B*
Коэффициент обеспеченности обязательств имуществом	Б-03.6	0,33	0,50	↓B*

Показатель	Код ¹	Текущее значение ²	Допустимое значение ³	Направление улучшения ⁴
Коэффициент просроченных обязательств	Б-03.7	0,17	0,20	↓B*
Пропорциональность, связанность (К-11)				
Обеспеченность собственным фуражным зерном, %	К-11.1	70,00	45,00	↑H
Доля переработанной продукции в собственных цехах в общем объеме произведенной, %	К-11.2	88,00	30,00	↑H
Ритмичность выпуска продукции, %	К-11.3	96,00	70,00	↑H
Доля реализации продукции через собственную торговую сеть, %	К-11.4	47,00	25,00	↑H
Комплементарность (К-12)				
Коэффициент звенности материальных (сырьевых, продуктовых) потоков в цепи	К-12.1	2,32	2,00	↑H
Плотность материального (сырьевого, продуктового) потока в цепи, %	К-12.2	88,5	70,00	↑H
Оптимальность, аллокативность (С-21)				
Сбалансированность продуктового портфеля по доходности, %	С-21.1	106,00	100,00	↑H
Коэффициент сопряженности производственных мощностей по ведущему звену (переработка)	С-21.2	1,10	1,00	↑H
Глубина переработки сырья (доля продукции второго и последующих уровней переработки), %	С-21.3	85,00	70,00	↑H
Коэффициент выполнения плана по ассортименту продукции (для переработки)	С-21.4	0,98	1,00	↑H

¹ Использована система обозначений локальных метрик базового (Б-01, Б-02, Б-03), конфи- гурирующего (К-11, К-12), системного (С-21) уровней из табл. 3.

² Применены условные значения показателей, приближенные к реальным данным.

³ Использованы нормативные параметры (отмечены знаком «*»), отражающие критерии ведения деятельности на принципах самоокупаемости и самофинансирования, а также средние показатели деятельности субъектов АПК в сходных экономических условиях хозяйствования. Соответствуют границе допустимых значений $d_i = 0,37$.

⁴ Обозначение характеризует направление изменения показателя для улучшения функции желательности (\uparrow – увеличение, \downarrow – снижение) и тип использованного одностороннего ограничения для перевода показателей x_i в кодированные значения y_i по формуле (1) (В – с верхним допустимым пределом $x_{i\max}$, Н – с нижним допустимым пределом $x_{i\min}$).

П р и м е ч а н и е. Составлена по результатам собственных исследований.

Реализация этапов кодировки и калибровки оценочных параметров (П.КК), распознавания уровней принадлежности параметров желательности (Ш.Р), а также агрегации в локальные метрики (IV.AC) с учетом выбранного математического аппарата (формулы (1)–(6)) и предложенного набора единичных показателей (см. табл. 5) представлена в табл. 6.

Таблица 6. Результаты вычислений уровней желательности d_i и принадлежности μ_i нечеткому множеству единичных показателей оценки x_i

Код показателя ¹	Кодированные значения ² y_i показателей x_i	Уровень желательности ³ d_i	Уровень принадлежности нечеткому множеству $\mu_i^{4,5}$				
			очень низкий [0; 0,25]	низкий [0,15; 0,45]	средний [0,35; 0,65]	высокий [0,55; 0,85]	очень высокий [0,75; 1]
Б-01.1	-0,252 ⁶	0,276	0	1	0	0	0
Б-01.2	0,529	0,555	0	0	0,951	0,049	0
Б-01.3	0,240	0,455	0	0	1	0	0
Б-01.4	-0,123	0,323	0	1	0	0	0
Б-01.5	0,250	0,459	0	0	1	0	0
Б-01.6	0,410	0,515	0	0	1	0	0
Б-01.7	0,143	0,420	0	0,298	0,702	0	0
Б-01.8	0,235	0,453	0	0	1	0	0
Б-01.9	0,121	0,412	0	0,378	0,622	0	0
Б-01.10	0,316	0,482	0	0	1	0	0
Б-01.11	0,314	0,482	0	0	1	0	0
Б-01.12	-0,118	0,325	0	1	0	0	0
Б-01.13	0,936	0,675	0	0	0	1	0
Б-01.14	0,750	0,624	0	0	0,265	0,735	0
Б-01.15	0,343	0,492	0	0	1	0	0
$\sum \mu_{b1}$		0	3,676	9,540	1,784	0	0
Продуктивность, экономичность (Б-01): $M_{b1} = 0,075 \cdot (1/15) \cdot 0 + 0,3 \cdot (1/15) \cdot 3,676 + 0,5 \cdot (1/15) \cdot 9,540 + 0,7 \cdot (1/15) \cdot 1,784 + 0,925 \cdot (1/15) \cdot 0 = 0,475^{7,8}$							
Б-02.1	-0,120	0,324	0	1	0	0	0
Б-02.2	0,600	0,578	0	0	0,724	0,276	0
Б-02.3	0,516	0,551	0	0	0,994	0,006	0
$\sum \mu_{b2}$		0	1	1,718	0,282	0	0
Результативность (Б-02): $M_{b2} = 0,075 \cdot (1/3) \cdot 0 + 0,3 \cdot (1/3) \cdot 1 + 0,5 \cdot (1/3) \cdot 1,718 + 0,7 \cdot (1/3) \cdot 0,282 + 0,925 \cdot (1/3) \cdot 0 = 0,452$							
Б-03.1	0,925	0,673	0	0	0	1	0
Б-03.2	0,100	0,405	0	0,454	0,546	0	0
Б-03.3	6,300	0,998	0	0	0	0	1
Б-03.4	0,920	0,671	0	0	0	1	0
Б-03.5	0,330	0,487	0	0	1	0	0
Б-03.6	0,340	0,491	0	0	1	0	0
Б-03.7	0,150	0,423	0	0,271	0,729	0	0
$\sum \mu_{b3}$		0	0,725	3,275	2	1	
Экономическая активность, финансовая устойчивость (Б-03): $M_{b3} = 0,075 \cdot (1/7) \cdot 0 + 0,3 \cdot (1/7) \cdot 0,725 + 0,5 \cdot (1/7) \cdot 3,275 + 0,7 \cdot (1/7) \cdot 2 + 0,925 \cdot (1/7) \cdot 1 = 0,597$							
K-11.1	0,556	0,563	0	0	0,866	0,134	0
K-11.2	1,933	0,865	0	0	0	0	1

Окончание табл. 6

Код показателя ¹	Кодированные значения ² y_i показателей x_i	Уровень желательности ³ d_i	Уровень принадлежности нечеткому множеству $\mu_i^{4,5}$				
			очень низкий [0; 0,25]	низкий [0,15; 0,45]	средний [0,35; 0,65]	высокий [0,55; 0,85]	очень высокий [0,75; 1]
K-11.3	0,371	0,502	0	0	1	0	0
K-11.4	0,880	0,660	0	0	0	1	0
$\sum \mu_{k1}$			0	0	1,866	1,134	1
Пропорциональность, связанность (К-11): $M_{k1} = 0,075 \cdot (1/4) \cdot 0 + 0,3 \cdot (1/4) \cdot 0 + 0,5 \cdot (1/4) \cdot 1,866 + 0,7 \cdot (1/4) \cdot 1,134 + 0,925 \cdot (1/4) \cdot 1 = 0,663$							
K-12.1	0,160	0,426	0	0,235	0,765	0	0
K-12.2	0,264	0,464	0	0	1	0	0
$\sum \mu_{k2}$			0	0,235	1,765	0	0
Комплементарность (К-12): $M_{k2} = 0,075 \cdot (1/2) \cdot 0 + 0,3 \cdot (1/2) \cdot 0,235 + 0,5 \cdot (1/2) \cdot 1,765 + 0,7 \cdot (1/2) \cdot 0 + 0,925 \cdot (1/2) \cdot 0 = 0,476$							
C-21.1	0,060	0,390	0	0,601	0,399	0	0
C-21.2	0,100	0,405	0	0,454	0,546	0	0
C-21.3	0,214	0,446	0	0,039	0,961	0	0
C-21.4	-0,020	0,361	0	0,895	0,105	0	0
$\sum \mu_{s1}$			0	1,989	2,011	0	0
Оптимальность, аллокативность (С-21): $M_{s1} = 0,075 \cdot (1/4) \cdot 0 + 0,3 \cdot (1/4) \cdot 1,989 + 0,5 \cdot (1/4) \cdot 2,011 + 0,7 \cdot (1/4) \cdot 0 + 0,925 \cdot (1/4) \cdot 0 = 0,401$							

¹ Использованы условные обозначения показателей оценки из табл. 5.² Для определения кодированного значения y_i единичных показателей x_i использована формула (1).³ Оценка уровня желательности d_i проводилась для одностороннего ограничения (с верхним или нижним пределом) по формуле (3).⁴ Уровень μ_i характеризует степень уверенности в оценке принадлежности параметра d_i к диапазонам лингвистической идентификации (очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий).⁵ Для проведения вычислений использована формула (5).⁶ Серой заливкой отмечены показатели, по которым не достигнут нижний предел $x_{i\min}$.⁷ Расчет выполнен с использованием формулы (7).⁸ Предполагается, что все анализируемые показатели являются равнозначными (используются с равными весами) в пределах характеризуемой ими метрической группы.

С учетом предложенных в табл. 2 комбинаций локальных метрик в составе интегральных на основе формулы (10) получаем следующий результат:

$$G_{\text{ЭФ}} = \sqrt[4]{M_{b1} \cdot M_{b2} \cdot M_{k1} \cdot M_{s1}} = \sqrt[4]{0,475 \cdot 0,452 \cdot 0,663 \cdot 0,401} = 0,489.$$

$$G_{\text{УФ}} = \sqrt[6]{M_{b1} \cdot M_{b2} \cdot M_{b3} \cdot M_{k1} \cdot M_{k2} \cdot M_{s1}} = \\ = \sqrt[6]{0,475 \cdot 0,452 \cdot 0,597 \cdot 0,663 \cdot 0,476 \cdot 0,401} = 0,503.$$

$$G_{\text{СФ}} = \sqrt[3]{M_{k1} \cdot M_{k2} \cdot M_{s1}} = \sqrt[3]{0,663 \cdot 0,476 \cdot 0,401} = 0,502.$$

Результаты позволяют диагностировать состояние исследуемой кооперативно-интегрированной структуры в соответствии с разработанной в табл. 4 лингвистической шкалой распознавания следующим образом:

значения всех оцениваемых метрик характеризуются как средние с приемлемым уровнем эффективности ($G_{\text{ЭФ}} = 0,489$), устойчивости ($G_{\text{УФ}} = 0,503$) и сбалансированности ($G_{\text{СФ}} = 0,502$) функционирования. Это свидетельствует о сформированности производственно-экономического потенциала и работоспособности системы управления. Однако требуется дальнейшая оптимизация структуры и пропорций производственно-сбытовой цепочки;

наблюдается приемлемая финансовая устойчивость функционирования агрокомбината ($M_{b3} = 0,597$) и высокая связанность его основных хозяйственных процессов ($M_{k1} = 0,663$). Это может говорить о постепенной переориентации деятельности организации на самоокупаемость и самофинансирование, а также об эффективности реализации выбранной модели интеграции производственных ресурсов;

требуется принятие комплекса мер по улучшению ситуации в сельскохозяйственном производстве, что вызвано отставанием по ряду нормативных параметров: инвестиции на 1 балло-гектар сельхозземель ($-17,61$ руб.), урожайность зерна на 1 балло-гектар посевых площадей ($-17,81$ кг), валовая продукция сельского хозяйства в расчете на 1 балло-гектар сельхозземель ($-17,10$ руб.).

Таким образом, практическая реализация предлагаемой методической программы мультиметрического анализа кооперационных (интеграционных) взаимодействий субъектов хозяйствования в АПК позволяет:

проводить комплексную диагностику состояния и динамики развития экономической системы в условиях действия субъективных и объективных факторов неопределенности;

выявить преобладающие источники проявления системных свойств и выработать соответствующие рекомендации по укреплению связей, развитию хозяйственного потенциала взаимодействий и усилению конструктивного проявления системных эффектов в кратко- и долгосрочной перспективе;

обосновать экономические инструменты и организационные средства реализации предлагаемых рекомендаций на всех уровнях (экономические агенты, групповые процессы, формирование в целом) и в функциональных модулях (производство, структура, управление, развитие) кооперационных (интеграционных) взаимодействий.

Разработанная методика обладает практической значимостью и научной новизной, которая заключается:

в обосновании набора ключевых метрик (качественных оценочных признаков), выступающих экономической мерой проявления системных свойств, присущих кооперационным (интеграционным) взаимодействиям;

выборе классификационного подхода к построению единой метрической системы (по архитектурным уровням – базовому, конфигурирующему, системному; функциональным модулям – производство, управление, потенциал развития; характеру проявления – локальный, интегральный), обеспечивающего возможность комплексной диагностики различных организационных форм экономического сотрудничества (от квазинтеграционных моделей (сети, кластеры) до полной интеграции);

определении методологического содержания интегральных категорий анализа (синергичность, сбалансированность, эффективность, устойчивость) через призму кооперационных (интеграционных) отношений;

установлении корреспонденции оценочных признаков с элементами организационно-экономической модели объединения в контексте параметрических, функциональных, регулирующих связей;

выявлении практической востребованности привлечения математического аппарата теории нечетких множеств к многокритериальным исследованием неоднородных сложноструктурированных динамических систем агропромышленного производства в условиях субъективной и объективной неопределенности;

построении релевантного алгоритма и согласовании приемов использования математического инструментария теории нечетких множеств (функции желательности Харрингтона, трапециевидной функции принадлежности нечеткого множества и соответствующих им классификаторов), обеспечивающих реализацию заложенной методологической гипотезы с высоким уровнем валидности к практическим условиям исследования и получение достоверных оценок состояния системы посредством нивелирования ряда вычислительных ограничений (агрегация разноразмерных показателей, асимметричность и фрагментарность информационной базы, сочетаемость разноуровневых атрибутивных оценок).

Заключение

Разработанный подход комплексного анализа неоднородных сложноструктурированных динамических систем агропромышленного производства, выстраиваемых на основе механизмов кооперации и интеграции:

отвечает современным требованиям научного поиска (практическая реализуемость, интерпретационная широта, релевантность оценок);

базируется на прогрессивных вычислительных техниках теории нечетких множеств, получающих активное применение в исследованиях экономических процессов;

доказывает состоятельность выдвинутой методологической гипотезы;

учитывает отраслевую специфику анализа кооперационных (интеграционных) взаимодействий.

ПРИМЕЧАНИЕ

Исследование выполнено в рамках НИР 03.08.01 «Разработка научных подходов и моделей эффективного формирования и развития многоотраслевых агропромышленных кооперативно-интегрированных структур», задание 03.08 «Обоснование научных подходов и эффективных механизмов функционирования многоотраслевых агропромышленных кооперативно-интегрированных структур», ГПНИ «Общество и гуманитарная безопасность белорусского государства» на 2021–2025 годы, подпрограмма 12.3 «Экономика» (№ ГР 20240071).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безбородова, Т. И. Использование функции желательности Харрингтона при рейтинговой оценке деятельности организации в условиях антикризисного управления / Т. И. Безбородова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2014. – № 1. – С. 24–32. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-funktsii-harringtona-pri-reytingovoy-otsenke-deyatelnosti-organizatsii-v-usloviyah-antikrizisnogo-upravleniya?ysclid=mfsndz9i1h522572579> (дата обращения: 06.10.2025).
2. Карпова, Н. А. Применение методов нечеткой логики при оценке и прогнозировании финансовой устойчивости консолидированных групп компаний / Н. А. Карпова // Науковедение. – 2015. – Т. 7, № 5. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/199EVN515.pdf> (дата обращения: 06.10.2025).
3. Логинов, П. П. Моделирование экономических систем с нечетко определенными параметрами: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Логинов Павел Павлович; Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 1999. – 22 с. – URL: http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/102569/1/k_Loginov_e.pdf (дата обращения: 06.10.2025).
4. Любушкин, Н. П. Использование обобщенной функции желательности Харрингтона в много параметрических экономических задачах / Н. П. Любушкин, Г. Е. Брикач // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 18. – С. 2–10. – URL: <https://bookz.ru/trial/pdf/8919467.pdf?ysclid=mfsmvstoak138883078> (дата обращения: 06.10.2025).
5. Недосекин, А. О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / Недосекин Алексей Олегович; С.-Петербург. гос. ун-т экономики и финансов. – СПб., 2003. – 280 л. – URL: https://www.mirkin.ru/_docs/doctor005.pdf?ysclid=mfsml7v2pr711326378 (дата обращения: 06.10.2025).
6. Недосекин, А. О. Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов / А. О. Недосекин, С. Н. Фролов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2008. – № 2. – С. 48–55. – URL: <https://journals.vsu.ru/econ/article/view/9835> (дата обращения: 06.10.2025).
7. Пуряев, А. С. Теория и методология компромиссной оценки эффективности инвестиционных проектов в машиностроении: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Пуряев Айдар Султангалиевич; С.-Петербург. гос. инженер.-экон. ун-т. – СПб., 2009. – 39 с. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003482826/?ysclid=mfsmn1e88610051936 (дата обращения: 06.10.2025).
8. Поспелов, Д. А. «Серые» и/или «черно-белые» [шкалы] / Д. А. Поспелов // Прикладная эргономика. Специальный выпуск «Рефлексивные процессы». – 1994. – № 1. – С. 29–33.

Поступила в редакцию 20.10.2025

Сведения об авторе

Ермалинская Наталья Васильевна – докторант, кандидат экономических наук, доцент

Information about the author

Yermalinskaya Natallia Vasilievna – Doctoral Student, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor