

МОНИТОРИНГ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОТЧЁТНОСТЕЙ FAO UN¹ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЁТКОЙ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ

*Продовольственная и сельскохозяйственная организация при ООН (FAO UN), Рим, Италия

Анотація. Розроблено і описано типову нечітку когнітивну модель для оцінки рівня продовольчої безпеки для країн, де відсутній гарантований регулярний доступ населення до високоякісної їжі, необхідної для ведення активного і здорового способу життя. За основу обрана когнітивна карта, яка охоплює досить великий спектр чинників впливу на продовольчу безпеку, затверджених у Стратегічній рамковій програмі FAO UN на 2014–2017 рр. Для формалізації причинно-наслідкових зв'язків між зазначеними факторами використані обмежені набори нечітких логічних правил.

Ключові слова: продовольча безпека, когнітивна карта, нечітка когнітивна модель, система нечіткого виведення.

Аннотация. Разработана и описана типовая нечёткая когнитивная модель для оценки уровня продовольственной безопасности для стран, где отсутствует гарантированный регулярный доступ населения к высококачественной пище, необходимой для ведения активного и здорового образа жизни. За основу выбрана когнитивная карта, охватывающая достаточно большой спектр факторов влияния на продовольственную безопасность, утвержденных в Стратегической рамочной программе FAO UN на 2014–2017 гг. Для формализации причинно-следственных связей между указанными факторами использованы ограниченные наборы нечётких логических правил.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, когнитивная карта, нечёткая когнитивная модель, система нечёткого вывода.

Abstract. It was developed and described a typical fuzzy cognitive model to assess the level of food security for countries where there is no guaranteed regular access of the population to high-quality food needed for an active and healthy lifestyle. As basis, it is selected cognitive map, which covers quite a large range of factors affecting to the food security, approved by Strategic Framework of FAO UN, 2014–2017. To formalize the causal relationships between these factors it used limited sets of fuzzy logic rules.

Keywords: food security, cognitive map, fuzzy cognitive model, fuzzy inferences system.

1. Введение

В Стратегической рамочной программе и среднесрочном плане FAO UN на 2014–2017 гг. [1] сформулированы глобальные тенденции и основные вызовы в плане продовольствия и сельского хозяйства, которые подразумевают существенный рост спроса на продукты питания, затяжное отсутствие продовольственной безопасности, неправильное питание, в том числе продолжающееся распространение ожирения среди населения, бедность в сельских районах, усложнение систем сельскохозяйственного производства и производства продовольствия, более динамичные потоки в торговле сельскохозяйственными товарами и изменяющиеся правила их регулирования, изменение климата, а также необходимость в более совершенном управлении в условиях нарастающей сложности процесса сельскохозяйственного развития.

В настоящее время FAO осуществляет меры институционального характера, направленные на завершение перехода от формулирования результатов на основе подхода, предполагающего использование так называемой статической матрицы, к носящему более стратегический характер подходу, основанному на «управлении, направленном на достижение конкретных результатов». Согласно этому подходу, становится возможной концен-

¹ Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO UN – Food and Agriculture Organization of the United Nations).

трация усилий вокруг действий, необходимых для достижения желаемых результатов на всех уровнях, что, в свою очередь, требует наличия научных основ управления эффективностью работы, отчетности по результатам и использованию информации в целях совершенствования принятия решений. Базовой основой управления эффективностью работы FAO может служить модель (а в последствии и система) для комплексной оценки промежуточных (тактических), стратегических и глобальных решений в области обеспечения продовольственной безопасности, составляющими которой должны быть ориентировочные результаты FAO [1, стр.16]. Поэтому в целях совершенствования мониторинга результатов и соответствующей отчетности возникает необходимость в формировании системы для определения и комплексной оценки индикаторов для стратегических целей (результатов в области развития) FAO, организационных результатов и итогов.

Как и любая организационно-технологическая система, система мониторинга результатов и отчетностей FAO (СМРО FAO) является системой гуманистического типа, то есть системой, в которой существенная роль принадлежит суждениям и знаниям человека [2]. В отличие от механистических систем, поведение которых допускает численное описание, гуманистические системы являются слабоструктурируемыми и гораздо более сложными. Поэтому адекватное управление СМРО FAO является весьма сложной, слабоструктурированной и, соответственно, трудноформализуемой процедурой. Существующие разработки подобных систем предусматривают применение системного подхода, позволяющего консолидировать разные по своей природе процессы, протекающие в информационной системе. Тем не менее, на сегодняшний день одним из наиболее адекватных инструментов для описания и исследования слабоструктурированных систем (СС) является когнитивное моделирование (КМ), которое активно применяется при построении систем поддержки принятия решений в условиях неопределенности [3–5]. При этом основным преимуществом математического аппарата когнитивного анализа является предоставляемая им возможность адаптации моделируемой системы к возможным изменениям во внешней среде [6].

На современной стадии развития информационной и смежных технологий любая система, подобная СМРО, является всего лишь автоматизированной, то есть не может существовать сама по себе или, иными словами, в отрыве от человека. Она служит человеку и им же оценивается. Поэтому определение и комплексная оценка индикаторов для стратегических целей (СЦ) FAO, организационных результатов и итогов имеют не только объективную, но и субъективную составляющую, поскольку в конечном итоге такие оценки осуществляются самим человеком. Это является достаточно важным фактором, который обуславливает необходимость применения качественных категорий для оценки решений, то есть термов лингвистических переменных, являющихся основными структурными единицами естественного языка субъекта управления. Как следствие, именно данная парадигма и объясняет необходимость применения математического аппарата нечеткой логики. В конечном итоге, субъективное мышление ответственного за принятие решений становится причиной появления диапазона так называемой «условной приемлемости» в шкале оценок индикаторов целей, организационных результатов и итогов FAO [7].

2. Постановка задачи

Основными шагами на пути создания системы мониторинга, оценки результатов и отчетностей FAO являются предвидение, предотвращение, локализация и устранение неправильных решений. При этом определение и оценка индикаторов стратегических целей, организационных результатов и итогов всегда относительна, а желание приписать ей числовое значение неприемлемо с точки зрения дальнейшей интерпретации комплексных результатов. Мониторинг результатов и отчетностей FAO – это комплексное понятие и не может рассматриваться в виде простой совокупности своих взаимосвязанных и/или взаи-

мозависимых составляющих, так как каждая из них критически значима. Поэтому при комплексной оценке результатов и отчетностей численное описание (или усреднение) составных индикаторов является совершенно неприемлемым.

Отличительными особенностями, которые необходимо учитывать при создании СМРО, являются: 1) неполнота и неопределенность исходной информации о составе и характере факторов, определяющих стратегические цели; 2) наличие многокритериальных задач выбора альтернатив, связанных с необходимостью учета большого числа факторов, определяющих стратегические цели; 3) наличие большого числа качественных показателей, которые необходимо учитывать при решении задач разработки и внедрения систем комплексной оценки факторов, определяющих СЦ; 4) невозможность применения классических методов оптимизации.

Учитывая приведенные требования, необходимо разработать такую модель для комплексной оценки промежуточных (тактических), стратегических и глобальных решений в области обеспечения продовольственной безопасности, составляющими которой должны быть ориентировочные результаты FAO.

3. Нечёткая когнитивная модель СС: общие принципы построения

КМ СС предусматривает разработку формальных моделей и методов, позволяющих учитывать так называемые когнитивные возможности субъекта управления, подразумевающие его восприятие, представление, познание в предметной области, понимание и объяснение промежуточных проблем при решении задач управления. При этом основным инструментом такого исследования является когнитивная карта (КК), которая отражает индивидуальные и/или субъективные представления исследуемой проблемы, явления. КК включает в себя базисные факторы (компоненты) и причинно-следственные связи между ними [7]. С содержательной точки зрения, базисные факторы отождествляют и ограничивают наблюдаемые явления как внутри исследуемой системы, так и в окружающей ее среде. Эти факторы интерпретируются субъектом управления как существенные, ключевые параметры или, иными словами, как признаки наблюдаемых экзогенных и эндогенных явлений и процессов. По сути, КК – это ориентированный граф над множеством факторов, отражающий, в нашем случае, способ структурирования СС и состояний. Изучение взаимодействия факторов в рамках КК позволяет оценивать распространение их влияний и тем самым описывать поведение (состояния) исследуемой системы. В свою очередь, анализ КК поведения исследуемой системы подразумевает нахождение наиболее значимых факторов влияния и оценку воздействия этих факторов друг на друга. Это предоставляет возможность применять классические методы теории систем, в частности, для моделирования, анализа динамики и управления.

Рассмотрим нечёткую КМ (НКМ) на основе тривиального примера КК, позволяющей в общих чертах анализировать проблему мониторинга тактических, стратегических и глобальных решений в области обеспечения продовольственной безопасности (ПБ) при обработке данных с использованием средств вычислительной техники (рис. 1). Как видно из рис. 1, проблема мониторинга тактических, стратегических и глобальных решений в области обеспечения ПБ в упрощенной форме описывается в виде неполносвязной структуры, состоящей из факторов А, В, С, D, E, F, G и дуг, отражающих соответствующие причинно-следственные связи между отдельными из них. В данном случае, это знаковый граф, в котором знак « \leftarrow » означает, что при увеличении исходного фактора значение зависящего от него фактора уменьшается, и наоборот. А знак « \rightarrow » означает, что увеличение исходного фактора влечет за собой увеличение зависимого.

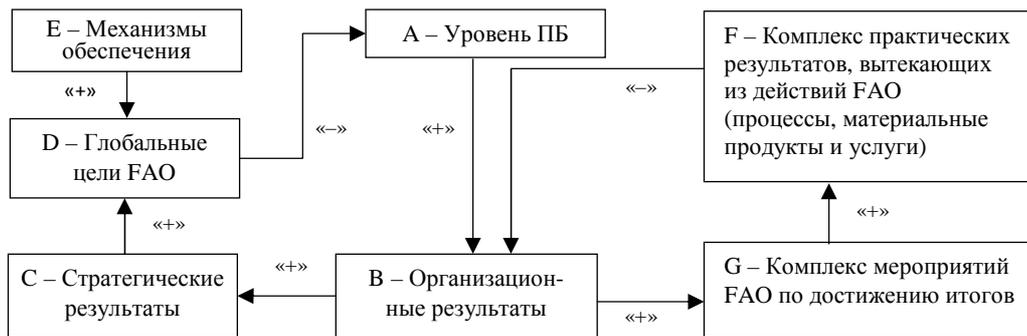


Рис. 1. Когнитивная карта для анализа проблемы обеспечения ПБ

Исследуем поведение замкнутой подсистемы $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ при увеличении масштабов применения организационных решений FAO. Очевидно, что увеличение этих масштабов повлечет за собой увеличение масштабов достижения стратегических результатов, а это, в свою очередь, существенно расширит спектр глобальных задач, что неминуемо будет способствовать понижению уровня ПБ и, как следствие, понизит необходимость применения организационных решений FAO. Это означает, что процесс «затухания», воздействующий на подсистему через фактор В сигнала, приведет к стабилизации всего контура, то есть будет осуществляться противодействие отклонению.

Представленная на рис. 1 схема мониторинга тактических, стратегических и глобальных решений в области обеспечения ПБ является все же тривиальной, так как на практике взаимодействие двух факторов, например, В и С, осуществляется по более сложным функциональным закономерностям, которые в привычной традиционно математической форме очень трудно формализовать. Поэтому возникает необходимость применять механизм нечёткого логического вывода для описания причинно-следственных связей между концептами такого мониторинга, а сам анализ проводить на основе так называемых нечётких когнитивных карт (НКК) [8]. При этом узловые факторы НКК интерпретируются как нечёткие множества (НМ), а причинно-следственные связи между ними устанавливаются на основе ограниченного набора нечётких лингвистических правил (НЛП), определяющих в том числе и весовые коэффициенты связей между факторами. Подобное формальное описание поведения СС и, в частности, проблемы мониторинга тактических, стратегических и глобальных решений в области обеспечения ПБ назовём нечёткой когнитивной моделью (НКМ).

НЛП формируются в имплицативной форме «Если ..., тогда ...», например, в виде: «Если x_{k1} есть A_{k1} и x_{k2} есть A_{k2} и ... и x_{kn} есть A_{kn} , тогда у есть B_k », где x_{kj} ($j = 1 \div n; k = 1, 2, \dots$) – входные характеристики, представленные как лингвистические переменные (ЛП); у – выходная ЛП; A_{kj} и B_k – термы (значения) соответствующих ЛП, описываемых в виде НМ.

4. Типовая когнитивная карта для формирования СМРО

Одной из важных функций FAO является сбор, анализ и мониторинг данных и информации в областях, связанных с мандатом FAO, и улучшение доступа к ним [1, стр. 28]. Эта функция включает разработку и развитие мировых и региональных тенденций, перспектив, проектов и реакции на них правительств и других заинтересованных сторон (например, в части политики, законодательства и практических действий), а также прямую поддержку стран в развитии институционального потенциала, необходимого для реагирования на обнаруженные вызовы и поиска возможных вариантов. Очевидно, что данная функция явля-

ется важнейшим инструментом, с помощью которого FAO организывает и проводит собственную работу для достижения своих СЦ.

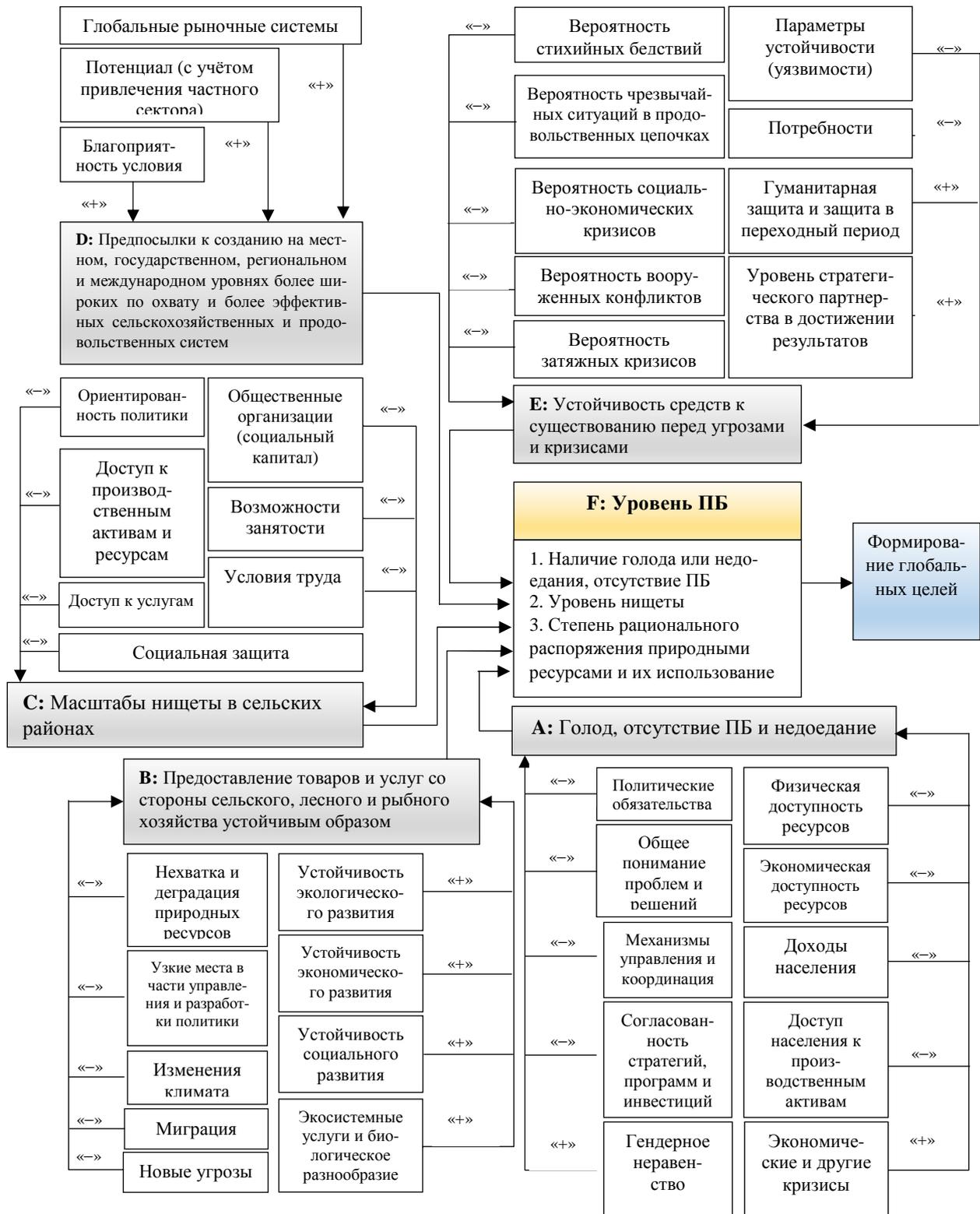


Рис. 2. Нечёткая когнитивная карта для анализа ПБ

На рис. 2 представлена упрощенная КК для анализа проблемы обеспечения ПБ в целом. Однако, например, для оценки СЦ и вытекающих из них глобальных задач FAO

необходимо учитывать исключительно большое количество разноплановых факторов, определяющих, собственно, сами СЦ. Поэтому для организации и направления своей работы FAO сформировала матрицу СЦ, включающую перечень факторов влияния.

В табл. 1 представлены классификация факторов влияния по соответствующим СЦ и структуризация принимаемых ими возможных значений, исполненная в виде термов соответствующих ЛП. Перечисленные здесь факторы будем считать ЛП, каждая из которых в качестве своего значения принимает одно из указанных в терм-множестве. В привычном смысле представленная в табл. 1 классификация факторов сопряжена с решением комбинаторной задачи весьма большой размерности и с высоким уровнем неопределенности. Поэтому, исходя из неё, задачу оценки уровня ПБ рассмотрим посредством НКМ [8], в основе которого лежит представленная на рис. 2 НКК, охватывающая все факторы из перечня СЦ FAO².

Таблица 1. Основания стратегических целей FAO, определяющие их факторы и их значения

Основание для СЦ FAO	Фактор, определяющий СЦ	Значения фактора (терм-множество)
1. Голод, проблемы отсутствия ПБ и нищеты	x_{11} – Физическая доступность ресурсов	{ НЕОГРАНИЧЕННАЯ, СРЕДНЯЯ, ОГРАНИЧЕННАЯ }
	x_{12} – Экономическая доступность ресурсов	{ НЕОГРАНИЧЕННАЯ, СРЕДНЯЯ, ОГРАНИЧЕННАЯ }
	x_{13} – Доходы населения	{ ВЫСОКИЕ, СРЕДНИЕ, НИЗКИЕ }
	x_{14} – Доступ населения к производственным активам	{ НЕОГРАНИЧЕННЫЙ, СРЕДНИЙ, ОГРАНИЧЕННЫЙ }
	x_{15} – Экономические и другие кризисы	{ НЕОЩУТИМЫЕ, ОЩУТИМЫЕ, СУЩЕСТВЕННЫЕ }
	x_{16} – Политические обязательства страны	{ ДОСТАТОЧНЫЕ, ФРАГМЕНТАРНЫЕ, НЕДОСТАТОЧНЫЕ }
	x_{17} – Общее понимание проблем и решений	{ ПОЛНОЕ, ОТРЫВОЧНОЕ, СЛАБОЕ }
	x_{18} – Механизмы управления и координации	{ ЭФФЕКТИВНЫЕ, МАЛОЭФФЕКТИВНЫЕ, НЕЭФФЕКТИВНЫЕ }
	x_{19} – Согласованность стратегий, программ и инвестиций	{ СИЛЬНАЯ, СРЕДНЯЯ, СЛАБАЯ }
	$x_{1,10}$ – Гендерное неравенство	{ ОТСУТСТВУЕТ, НЕСУЩЕСТВЕННОЕ, ЗАМЕТНОЕ }
2. Предоставление товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства устойчивым образом	x_{21} – Нехватка и деградация базы природных ресурсов	{ НЕОЩУТИМАЯ, ОЩУТИМАЯ, ОЧЕНЬ СУЩЕСТВЕННАЯ }
	x_{22} – Экосистемные услуги и биологическое разнообразие	{ ШИРОКОЕ, НЕДОСТАТОЧНОЕ, СКУДНОЕ }
	x_{23} – Изменение климата	{ НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ, НЕСУЩЕСТВЕННОЕ, СУЩЕСТВЕННОЕ }
	x_{24} – Миграция	{ НЕСУЩЕСТВЕННАЯ, ЗАМЕТНАЯ, СУЩЕСТВЕННАЯ }
	x_{25} – Новые угрозы	{ НЕСУЩЕСТВЕННЫЕ, ЗАМЕТНЫЕ, СУЩЕСТВЕННЫЕ }
	x_{26} – Узкие места в части управления и разработки политики	{ ОТСУТСТВУЮТ, ИМЕЮТ МЕСТО }
	x_{27} – Устойчивость экоразвития	{ СИЛЬНАЯ, СРЕДНЯЯ, СЛАБАЯ }
	x_{28} – Устойчивость эконом. развития	{ СИЛЬНАЯ, СРЕДНЯЯ, СЛАБАЯ }
	x_{29} – Устойчивость соц. развития	{ СИЛЬНАЯ, СРЕДНЯЯ, СЛАБАЯ }
	x_{31} – Ориентированность политики	{ НАЦЕЛЕННАЯ, СЛАБОНАЦЕЛЕННАЯ, НЕ НАЦЕЛЕННАЯ }
3. Масштабы нищеты в сельских районах	x_{32} – Доступ к производственным активам и ресурсам	{ ДОСТАТОЧНЫЙ, РАВНЫЙ, НЕРАВНЫЙ, ОГРАНИЧЕННЫЙ }
	x_{33} – Доступ к услугам	{ ДОСТАТОЧНЫЙ, РАВНЫЙ, НЕРАВНЫЙ, ОГРАНИЧЕННЫЙ }
	x_{34} – Общественные организации (социальный капитал)	{ СИЛЬНЫЕ, СЛАБЫЕ, ОТСУТСТВУЮТ }
	x_{35} – Возможности занятости	{ НЕОГРАНИЧЕННЫЕ, ДОСТАТОЧНЫЕ, НЕДОСТАТОЧНЫЕ, ОГРАНИЧЕННЫЕ }
	x_{36} – Условия труда	{ ДОСТОЙНЫЕ, МИНИМАЛЬНЫЕ, НЕДОСТОЙНЫЕ }
	x_{37} – Социальная защита	{ ДОСТАТОЧНАЯ, МИНИМАЛЬНАЯ, НЕДОСТАТОЧНАЯ }

² Комментарии к каждому из этих факторов подробно изложены в [1].

4. Предпосылки к созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем	x_{41} – Благоприятность условия	{ДОСТАТОЧНО БЛАГОПРИЯТНЫЕ, НЕДОСТАТОЧНО БЛАГОПРИЯТНЫЕ, НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ}
	x_{42} – Потенциал (с учётом привлечения частного сектора)	{ВЫСОКИЙ, СРЕДНИЙ, НИЗКИЙ}
	x_{43} – Глобальные рыночные системы	{ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ, НЕПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ}
5. Устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами	x_{51} – Вероятность стихийных бедствий	{НИЗКАЯ, СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ}
	x_{52} – Вероятность чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках	{НИЗКАЯ, СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ}
	x_{53} – Вероятность социально-экономических кризисов	{НИЗКАЯ, СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ}
	x_{54} – Вероятность вооруженных конфликтов	{НИЗКАЯ, СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ}
	x_{55} – Вероятность затяжных кризисов	{НИЗКАЯ, СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ}
	x_{56} – Параметры устойчивости (уязвимость)	{СЛАБАЯ, СРЕДНЯЯ, СИЛЬНАЯ}
	x_{57} – Потребности	{УДОВЛЕТВОРЕННЫЕ, МИНИМАЛЬНО УДОВЛЕТВОРЕННЫЕ, НЕУДОВЛЕТВОРЕННЫЕ}
	x_{58} – Гуманитарная защита и защита в переходный период	{СИЛЬНАЯ, МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМАЯ, СЛАБАЯ}
	x_{59} – Уровень стратегического партнерства в достижении результатов	{ВЫСОКИЙ, СРЕДНИЙ, НИЗКИЙ}

5. Описание причинно-следственных связей в НКК

Представленные на рис. 2 причинно-следственные связи можно описать с помощью достаточного набора НЛП. Для этого по каждому из оснований для СЦ FAO за основу выберем следующие непротиворечивые высказывания.

СЦ1. Уровень голода и нищеты:

a_1 : «Если физическая и экономическая доступность неограниченная, доходы населения высокие, доступ к производственным активам неограничен, экономические и другие кризисы неощутимые, политические обязательства соблюдаются в достаточном объеме и имеет место полное понимание проблем и решений ПБ, используются эффективные механизмы управления и координации, согласованность стратегии программ и инвестиций высокая, а также отсутствует гендерное неравенство, тогда проблема голода и нищеты абсолютно нечувствительная»;

a_2 : «Если физическая и экономическая доступность неограниченная, доходы населения высокие, политические обязательства соблюдаются в достаточном объеме и имеет место полное понимание проблем и решений ПБ, используются эффективные механизмы управления и координации, согласованность стратегии программ и инвестиций высокая, а также отсутствует гендерное неравенство, тогда проблема голода и нищеты очень нечувствительная»;

a_3 : «Если физическая и экономическая доступность неограниченная, политические обязательства соблюдаются в достаточном объеме и имеет место полное понимание проблем и решений ПБ, используются эффективные механизмы управления и координации, а также согласованность стратегии программ и инвестиций высокая, тогда проблема голода и нищеты более чем нечувствительная»;

a_4 : «Если физическая и экономическая доступность неограниченная, доходы населения высокие, доступ к производственным активам неограничен, тогда проблема голода и нищеты нечувствительная»;

a_5 : «Если физическая и экономическая доступность ограниченная, доходы населения низкие, доступ к производственным активам ограниченный, тогда проблема голода и нищеты чувствительная»;

a_6 : «Если физическая и экономическая доступность ограниченная, политические обязательства соблюдаются в недостаточном объеме и имеет место слабое понимание проблем и решений ПБ, используются неэффективные механизмы управления и координации, а также согласованность стратегии программ и инвестиций низкая, тогда проблема голода и нищеты более чем чувствительная»;

a_7 : «Если физическая и экономическая доступность ограниченная, доходы населения низкие, политические обязательства соблюдаются в недостаточном объеме и имеет место слабое понимание проблем и решений ПБ, используются неэффективные механизмы управления и координации, согласованность стратегии программ и инвестиций низкая, а также гендерное неравенство заметное, тогда проблема голода и нищеты очень чувствительная»;

a_8 : «Если физическая и экономическая доступность ограниченная, доходы населения низкие, доступ к производственным активам ограничен, экономические и другие кризисы ощутимые, политические обязательства соблюдаются в недостаточном объеме и имеет место полное непонимание проблем и решений ПБ, используются неэффективные механизмы управления и координации, согласованность стратегии программ и инвестиций низкая, а также гендерное неравенство заметное, тогда проблема голода и нищеты слишком чувствительная».

Анализ этих высказываний как причинно-следственных связей между факторами влияния, с одной стороны, и уровнем голода и недоедания, с другой, позволяет определить входные характеристики (критерии) в виде термов ЛП x_{1k} ($k = 1 \div 10$) (табл. 1) и выходной ЛП y_1 – чувствительность проблемы голода и недоедания. Тогда высказывания a_1 – a_8 можно записать в виде следующих НЛП:

a_1 : «Если x_{11} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{13} =ВЫСОКИЕ и x_{14} =НЕОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{15} =НЕОЩУТИМЫЕ и x_{16} =ДОСТАТОЧНЫЕ и x_{17} =ПОЛНОЕ и x_{18} =ЭФФЕКТИВНЫЕ и x_{19} =СИЛЬНАЯ и $x_{1,10}$ =ОТСУТСТВУЕТ, тогда y_1 =АБСОЛЮТНО НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ»;

a_2 : «Если x_{11} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{13} =ВЫСОКИЕ и x_{16} =ДОСТАТОЧНЫЕ и x_{17} =ПОЛНОЕ и x_{18} =ЭФФЕКТИВНЫЕ и x_{19} =СИЛЬНАЯ и $x_{1,10}$ =ОТСУТСТВУЕТ, тогда y_1 =ОЧЕНЬ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ»;

a_3 : «Если x_{11} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{16} =ДОСТАТОЧНЫЕ и x_{17} =ПОЛНОЕ и x_{18} =ЭФФЕКТИВНЫЕ и x_{19} =СИЛЬНАЯ, тогда y_1 =БОЛЕЕ ЧЕМ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ»;

a_4 : «Если x_{11} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =НЕОГРАНИЧЕННАЯ и x_{13} =ВЫСОКИЕ и x_{14} =НЕОГРАНИЧЕННЫЙ, тогда y_1 =НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ»;

a_5 : «Если x_{11} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{13} =НИЗКИЕ и x_{14} =ОГРАНИЧЕННЫЙ, тогда y_1 =ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ»;

a_6 : «Если x_{11} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{16} =НЕДОСТАТОЧНЫЕ и x_{17} =СЛАБОЕ и x_{18} =НЕЭФФЕКТИВНЫЕ и x_{19} =СЛАБАЯ, тогда y_1 =БОЛЕЕ ЧЕМ ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ»;

a_7 : «Если x_{11} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{13} =НИЗКИЕ и x_{16} =НЕДОСТАТОЧНЫЕ и x_{17} =СЛАБОЕ и x_{18} =НЕЭФФЕКТИВНЫЕ и x_{19} =СЛАБАЯ и $x_{1,10}$ =ЗАМЕТНОЕ, тогда y_1 =ОЧЕНЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ»;

a_8 : «Если x_{11} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{12} =ОГРАНИЧЕННАЯ и x_{13} =НИЗКИЕ и x_{14} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{15} =СУЩЕСТВЕННЫЕ и x_{16} =НЕДОСТАТОЧНЫЕ и x_{17} =СЛАБОЕ и x_{18} =НЕЭФФЕКТИВНЫЕ и x_{19} =СЛАБАЯ и $x_{1,10}$ =ЗАМЕТНОЕ, тогда y_1 =СЛИШКОМ ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ».

СЦ2. Предоставление товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства устойчивым образом:

b_1 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов неощутимые, экосистемные услуги и биологическое разнообразие широкие, изменение климата незначительное, а миграция несущественная, новые угрозы несущественные, отсутствуют узкие места в части управления и разработки политики, а также наблюдается сильная устойчивость в экологическом, экономическом и социальном развитии, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является чересчур устойчивым»;

b_2 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов неощутимые, экосистемные услуги и биологическое разнообразие широкие, изменение климата незначительное, отсутствуют узкие места в части управления и разработки политики, а также наблюдается сильная устойчивость в экологическом, экономическом и социальном развитии, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является очень устойчивым»;

b_3 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов неощутимые, экосистемные услуги и биологическое разнообразие широкие, отсутствуют узкие места в части управления и разработки политики, а также наблюдается сильная устойчивость в экологическом, экономическом и социальном развитии, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является более чем устойчивым»;

b_4 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов неощутимые, экосистемные услуги и биологическое разнообразие широкие, изменение климата незначительное, а миграция несущественная, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является устойчивым»;

b_5 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов существенные, экосистемные услуги и биологическое разнообразие скудные, изменение климата существенное, а миграция также существенная, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является неустойчивым»;

b_6 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов существенные, экосистемные услуги и биологическое разнообразие скудные, имеют место узкие места в части управления и разработки политики, а также наблюдается слабая устойчивость в экологическом, экономическом и социальном развитии, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является более чем неустойчивым».

b_7 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов существенные, экосистемные услуги и биологическое разнообразие скудные, изменение климата существенное, имеют место узкие места в части управления и разработки политики, а также наблюдается слабая устойчивость в экологическом, экономическом и социальном развитии, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является очень неустойчивым»;

b_8 : «Если нехватка и деградация базы природных ресурсов существенные, экосистемные услуги и биологическое разнообразие скудные, изменение климата существенное, миграция существенная, новые угрозы существенные, имеют место узкие места в части управления и разработки политики, а также наблюдается слабая устойчивость в экологическом, экономическом и социальном развитии, тогда процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является слишком неустойчивым».

В данном случае входными характеристиками (факторами влияния) являются термы ЛП x_{2j} ($j = 1 \div 9$), а выходными – значения ЛП y_2 – уровень устойчивости процесса предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства. С

учётом заявленных в высказываниях значений ЛП y_2 , а также обозначенных в табл. 1 термов входной ЛП x_{2j} ($j = 1 \div 9$), запишем высказывания b_1 – b_8 в виде следующих НЛП:

b_1 : «Если x_{21} =НЕОЩУТИМЫЕ и x_{22} =ШИРОКИЕ и x_{23} =НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ и x_{24} =НЕСУЩЕСТВЕННАЯ и x_{25} =НЕСУЩЕСТВЕННЫЕ и x_{26} =ОТСУТСТВУЮТ и x_{27} =СИЛЬНАЯ и x_{28} =СИЛЬНАЯ и x_{29} =СИЛЬНАЯ, y_2 =ЧЕРЕСЧУР УСТОЙЧИВЫЙ»;

b_2 : «Если x_{21} =НЕОЩУТИМЫЕ и x_{22} =ШИРОКИЕ и x_{23} =НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ и x_{26} =ОТСУТСТВУЮТ и x_{27} =СИЛЬНАЯ и x_{28} =СИЛЬНАЯ и x_{29} =СИЛЬНАЯ, тогда y_2 =ОЧЕНЬ УСТОЙЧИВЫЙ»;

b_3 : «Если x_{21} =НЕОЩУТИМЫЕ и x_{22} =ШИРОКИЕ и x_{26} =ОТСУТСТВУЮТ и x_{27} =СИЛЬНАЯ и x_{28} =СИЛЬНАЯ и x_{29} =СИЛЬНАЯ, тогда y_2 =БОЛЕЕ ЧЕМ УСТОЙЧИВЫЙ»;

b_4 : «Если x_{21} =НЕОЩУТИМЫЕ и x_{22} =ШИРОКИЕ и x_{23} =НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ и x_{24} =НЕСУЩЕСТВЕННАЯ, y_2 =УСТОЙЧИВЫЙ»;

b_5 : «Если x_{21} =СУЩЕСТВЕННЫЕ и x_{22} =СКУДНЫЕ и x_{23} =СУЩЕСТВЕННОЕ и x_{24} =СУЩЕСТВЕННАЯ, y_2 =НЕУСТОЙЧИВЫЙ»;

b_6 : «Если x_{21} =СУЩЕСТВЕННЫЕ и x_{22} =СКУДНЫЕ и x_{26} =ИМЕЮТ МЕСТО и x_{27} =СЛАБАЯ и x_{28} =СЛАБАЯ и x_{29} =СЛАБАЯ, y_2 =БОЛЕЕ ЧЕМ НЕУСТОЙЧИВЫЙ»;

b_7 : «Если x_{21} =СУЩЕСТВЕННЫЕ и x_{22} =СКУДНЫЕ и x_{23} =СУЩЕСТВЕННОЕ и x_{26} =ИМЕЮТ МЕСТО и x_{27} =СЛАБАЯ и x_{28} =СЛАБАЯ и x_{29} =СЛАБАЯ, y_2 =ОЧЕНЬ НЕУСТОЙЧИВЫЙ»;

b_8 : «Если x_{21} =СУЩЕСТВЕННЫЕ и x_{22} =СКУДНЫЕ и x_{23} =СУЩЕСТВЕННОЕ и x_{24} =СУЩЕСТВЕННАЯ и x_{25} =СУЩЕСТВЕННЫЕ и x_{26} =ИМЕЮТ МЕСТО и x_{27} =СЛАБАЯ и x_{28} =СЛАБАЯ и x_{29} =СЛАБАЯ, y_2 =СЛИШКОМ НЕУСТОЙЧИВЫЙ».

СЦ3. Масштабы нищеты в сельских районах:

c_1 : «Если ориентированность политики нацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам, а также к услугам достаточные, общественные организации сильные, возможности занятости неограниченные, условия труда достойные, а социальная защита достаточная, тогда масштабы нищеты в сельских районах мизерные»;

c_2 : «Если ориентированность политики нацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам, а также к услугам достаточные, условия труда достойные, а социальная защита достаточная, тогда масштабы нищеты в сельских районах очень малы»;

c_3 : «Если ориентированность политики нацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам достаточные, условия труда достойные, а социальная защита достаточная, тогда масштабы нищеты в сельских районах более чем малы»;

c_4 : «Если ориентированность политики нацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам, а также к услугам достаточные, общественные организации сильные, тогда масштабы нищеты в сельских районах малые»;

c_5 : «Если ориентированность политики не нацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам, а также к услугам ограниченные, общественные организации отсутствуют, тогда масштабы нищеты в сельских районах большие»;

c_6 : «Если ориентированность политики ненацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам ограниченные, условия труда недостойные, а социальная защита недостаточная, тогда масштабы нищеты в сельских районах более чем большие».

c_7 : «Если ориентированность политики ненацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам, а также к услугам ограниченные, условия труда недостойные, а социальная защита недостаточная, тогда масштабы нищеты в сельских районах очень большие»;

c_8 : «Если ориентированность политики ненацеленная, доступы к производственным активам и ресурсам, а также к услугам ограниченные, общественные организации отсутствуют, возможности занятости ограниченные, условия труда недостойные, а социальная защита недостаточная, тогда масштабы нищеты в сельских районах огромные».

В этом случае критериями оценки являются термы ЛП x_{3j} ($j = 1 \div 7$), а выходной характеристикой является ЛП y_3 – масштабы нищеты в сельских районах. Тогда перечисленные высказывания $c_1 \div c_8$ запишем в виде соответствующих НЛП:

c_1 : «Если x_{31} =НАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ДОСТАТОЧНЫЙ и x_{33} =ДОСТАТОЧНЫЙ и x_{34} =СИЛЬНЫЕ и x_{35} =НЕОГРАНИЧЕННЫЕ и x_{36} =ДОСТОЙНЫЕ и x_{37} =ДОСТАТОЧНАЯ, y_3 =МИЗЕРНЫЕ»;

c_2 : «Если x_{31} =НАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ДОСТАТОЧНЫЙ и x_{33} =ДОСТАТОЧНЫЙ и x_{36} =ДОСТОЙНЫЕ и x_{37} =ДОСТАТОЧНАЯ, y_3 =ОЧЕНЬ МАЛЫ»;

c_3 : «Если x_{31} =НАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ДОСТАТОЧНЫЙ и x_{36} =ДОСТОЙНЫЕ и x_{37} =ДОСТАТОЧНАЯ, y_3 =БОЛЕЕ ЧЕМ МАЛЫ»;

c_4 : «Если x_{31} =НАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ДОСТАТОЧНЫЙ и x_{33} =ДОСТАТОЧНЫЙ и x_{34} =СИЛЬНЫЕ, y_3 =МАЛЫ»;

c_5 : «Если x_{31} =НЕНАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{33} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{34} =ОТСУТСТВУЮТ, y_3 =БОЛЬШИЕ»;

c_6 : «Если x_{31} =НЕНАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{36} =НЕДОСТОЙНЫЕ и x_{37} =НЕДОСТАТОЧНАЯ, y_3 =БОЛЕЕ ЧЕМ БОЛЬШИЕ»;

c_7 : «Если x_{31} =НЕНАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{33} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{36} =НЕДОСТОЙНЫЕ и x_{37} =НЕДОСТАТОЧНАЯ, y_3 =ОЧЕНЬ БОЛЬШИЕ»;

c_8 : «Если x_{31} =НЕНАЦЕЛЕННАЯ и x_{32} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{33} =ОГРАНИЧЕННЫЙ и x_{34} =ОТСУТСТВУЮТ и x_{35} =ОГРАНИЧЕННЫЕ и x_{36} =НЕДОСТОЙНЫЕ и x_{37} =НЕДОСТАТОЧНАЯ, y_3 =ОГРОМНЫЕ».

СЦ4. Предпосылки к созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем:

d_1 : «Если условия достаточно благоприятные, потенциал (с учётом привлечения частного сектора) высокий, а глобальные рыночные системы являются предпочтительными, тогда предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются весьма существенными»;

d_2 : «Если условия недостаточно благоприятные, потенциал (с учётом привлечения частного сектора) высокий, а глобальные рыночные системы являются предпочтительными, тогда предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными»;

d_3 : «Если условия достаточно благоприятные, потенциал (с учётом привлечения частного сектора) низкий, а глобальные рыночные системы являются предпочтительными, тогда предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными»;

d_4 : «Если условия недостаточно благоприятные, потенциал (с учётом привлечения частного сектора) низкий, а глобальные рыночные системы являются предпочтительными, тогда предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными»;

d_5 : «Если условия неблагоприятные, потенциал (с учётом привлечения частного сектора) низкий, а глобальные рыночные системы являются предпочтительными, тогда предпосыл-

ки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными»;

d_6 : «Если глобальные рыночные системы являются непредпочтительными, тогда предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными».

В терминах значений входных и выходных лингвистических характеристик эти правила будут выглядеть как:

d_1 : «Если x_{41} =ДОСТАТОЧНО БЛАГОПРИЯТНЫЕ и x_{42} =ВЫСОКИЙ и x_{43} =ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ, тогда y_4 =СУЩЕСТВЕННЫЕ»;

d_2 : «Если x_{41} =НЕДОСТАТОЧНО БЛАГОПРИЯТНЫЕ и x_{42} =ВЫСОКИЙ и x_{43} =ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ, тогда y_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ»;

d_3 : «Если x_{41} =ДОСТАТОЧНО БЛАГОПРИЯТНЫЕ и x_{42} =НИЗКИЙ и x_{43} =ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ, тогда y_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ»;

d_4 : «Если x_{41} =НЕДОСТАТОЧНО БЛАГОПРИЯТНЫЕ и x_{42} =НИЗКИЙ и x_{43} =ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ, тогда y_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ»;

d_5 : «Если x_{41} =НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ и x_{42} =НИЗКИЙ и x_{43} =ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ, тогда y_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ»;

d_6 : «Если x_{43} =НЕПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ, тогда y_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ».

СЦ5. Устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами:

e_1 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках, социально-экономических кризисов, вооруженных конфликтов, а также затяжных кризисов низкие, уязвимость слабая, потребности удовлетворенные, гуманитарная защита и защита в переходный период сильные и уровень стратегического партнерства в достижении результатов высокий, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами в высшей степени надежная»;

e_2 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках, социально-экономических кризисов низкие, уязвимость слабая, потребности удовлетворенные, гуманитарная защита и защита в переходный период сильные и уровень стратегического партнерства в достижении результатов высокий, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами очень надежная»;

e_3 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках низкие, уязвимость слабая, потребности удовлетворенные, гуманитарная защита и защита в переходный период сильные и уровень стратегического партнерства в достижении результатов высокий, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами более чем надежная»;

e_4 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках, социально-экономических кризисов и вооруженных конфликтов низкие, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами надежная»;

e_5 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках, социально-экономических кризисов и вооруженных конфликтов высокие, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами ненадежная»;

e_6 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках высокие, уязвимость сильная, потребности неудовлетворенные, гуманитарная защита и защита в переходный период слабые и уровень стратегического партнерства в достижении результатов низкий, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами более чем ненадежная»;

e_7 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках, социально-экономических кризисов высокие, уязвимость сильная, потребности неудовлетворенные, гуманитарная защита и защита в переходный период слабые и уровень стратегического партнерства в достижении результатов низкий, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами очень ненадежная»;

e_8 : «Если вероятности стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций в продовольственных цепочках, социально-экономических кризисов, вооруженных конфликтов, а также затяжных кризисов высокие, уязвимость сильная, потребности неудовлетворенные, гуманитарная защита и защита в переходный период слабые и уровень стратегического партнерства в достижении результатов низкий, тогда устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами слишком ненадежная».

В терминах значений входных и выходных лингвистических характеристик эти высказывания будут выглядеть как:

e_1 : «Если x_{51} =НИЗКАЯ и x_{52} =НИЗКАЯ и x_{53} =НИЗКАЯ и x_{54} =НИЗКАЯ и x_{55} =НИЗКАЯ и x_{56} =СЛАБАЯ и x_{57} =УДОВЛЕТВОРЕННЫЕ и x_{58} =СИЛЬНАЯ и x_{59} =ВЫСОКИЙ, тогда y_5 =В ВЫСШЕЙ СТЕПЕНИ НАДЕЖНАЯ»;

e_2 : «Если x_{51} =НИЗКАЯ и x_{52} =НИЗКАЯ и x_{53} =НИЗКАЯ и x_{56} =СЛАБАЯ и x_{57} =УДОВЛЕТВОРЕННЫЕ и x_{58} =СИЛЬНАЯ и x_{59} =ВЫСОКИЙ, тогда y_5 =ОЧЕНЬ НАДЕЖНАЯ»;

e_3 : «Если x_{51} =НИЗКАЯ и x_{52} =НИЗКАЯ и x_{56} =СЛАБАЯ и x_{57} =УДОВЛЕТВОРЕННЫЕ и x_{58} =СИЛЬНАЯ и x_{59} =ВЫСОКИЙ, тогда y_5 =БОЛЕЕ ЧЕМ НАДЕЖНАЯ»;

e_4 : «Если x_{51} =НИЗКАЯ и x_{52} =НИЗКАЯ и x_{53} =НИЗКАЯ и x_{54} =НИЗКАЯ, тогда y_5 =НАДЕЖНАЯ»;

e_5 : «Если x_{51} =ВЫСОКАЯ и x_{52} =ВЫСОКАЯ и x_{53} =ВЫСОКАЯ и x_{54} =ВЫСОКАЯ, тогда y_5 =НЕНАДЕЖНАЯ»;

e_6 : «Если x_{51} =ВЫСОКАЯ и x_{52} =ВЫСОКАЯ и x_{56} =СИЛЬНАЯ и x_{57} =НЕУДОВЛЕТВОРЕННЫЕ и x_{58} =СЛАБАЯ и x_{59} =НИЗКИЙ, тогда y_5 =БОЛЕЕ ЧЕМ НЕНАДЕЖНАЯ»;

e_7 : «Если x_{51} =ВЫСОКАЯ и x_{52} =ВЫСОКАЯ и x_{53} =ВЫСОКАЯ и x_{56} =СИЛЬНАЯ и x_{57} =НЕУДОВЛЕТВОРЕННЫЕ и x_{58} =СЛАБАЯ и x_{59} =НИЗКИЙ, тогда y_5 =ОЧЕНЬ НЕНАДЕЖНАЯ»;

e_8 : «Если x_{51} =ВЫСОКАЯ и x_{52} =ВЫСОКАЯ и x_{53} =ВЫСОКАЯ и x_{54} =ВЫСОКАЯ и x_{55} =ВЫСОКАЯ и x_{56} =СИЛЬНАЯ и x_{57} =НЕУДОВЛЕТВОРЕННЫЕ и x_{58} =СЛАБАЯ и x_{59} =НИЗКИЙ, тогда y_5 =СЛИШКОМ НЕНАДЕЖНАЯ».

По существу, приведенные 5 наборов НЛП формируют соответствующие системы нечётких выводов, для реализации которых необходимо описать термы из левых и правых частей правил в виде нечётких множеств. Что касается термов из правых частей – значений выходных лингвистических переменных y_k ($k = 1 \div 5$), то их можно достаточно легко описать с помощью функции принадлежности, восстанавливающей соответствующие НМ на дискретном универсуме $U = \{0; 0,1; 0,2; \dots 1\}$. В частности, для правил $a_1 - a_8$ таковыми

будут [9]: AS =АБСОЛЮТНО НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ: $\mu_{AS}(u) = \begin{cases} 1, u = 1, \\ 0, u < 1; \end{cases}$ VIS =ОЧЕНЬ НЕЧУВСТВИ-

ТЕЛЬНАЯ: $\mu_{VIS}(u) = u^2$, $u \in U$; MIS =БОЛЕЕ ЧЕМ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ: $\mu_{MIS}(u) = \sqrt{u}$, $u \in U$;

IS =НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ: $\mu_{IS}(u) = u$, $u \in U$; S =ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ: $\mu_S(u) = 1 - u$, $u \in U$;

MS =БОЛЕЕ ЧЕМ ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ: $\mu_{MS}(u) = \sqrt{1 - u}$, $u \in U$; VS =ОЧЕНЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ:

$\mu_{VS}(u) = (1 - u)^2$, $u \in U$; TS =СЛИШКОМ ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ, $\mu_{TS}(u) = \begin{cases} 0, u = 1, \\ 1, u < 1, \end{cases}$ $u \in U$.

Правила $d_1 - d_8$, которые структурно отличаются от остальных, можно сравнительно легко реализовать с помощью редактора Fuzzy Inferences System в нотации пакета MATLAB.

6. Нечёткая модель для оценки окончательных результатов

Для получения окончательной оценки результатов ФАО, а именно, для определения агрегированного показателя уровня ПБ, воспользуемся привычным способом построения системы нечёткого вывода. Для этого за основу возьмем следующий набор непротиворечивых высказываний:

r_1 : «Если проблема голода и нищеты чувствительна и процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является неустойчивым, тогда уровень ПБ является низким»;

r_2 : «Если в дополнение к сказанному предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными и устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами ненадежная, тогда уровень ПБ является более чем низким»;

r_3 : «Если дополнительно к условиям, оговоренным в r_2 , известно, что масштабы нищеты в сельских районах большие, тогда уровень ПБ чересчур низкий»;

r_4 : «Если проблема голода и нищеты чувствительна, масштабы нищеты в сельских районах большие, а также предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными, а устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами ненадежная, тогда уровень ПБ очень низкий»;

r_5 : «Если проблема голода и нищеты чувствительна, масштабы нищеты в сельских районах большие, предпосылки к созданию сельскохозяйственных и продовольственных систем являются незначительными, но при этом устойчивость средств к существованию перед угрозами и кризисами надежная, тогда уровень ПБ все равно низкий»;

r_6 : «Если проблема голода и нищеты нечувствительна, процесс предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства является устойчивым, а масштабы нищеты в сельских районах небольшие, тогда уровень ПБ высокий».

На основании приведенных рассуждений мы можем легко сформировать полный набор критериев оценки в виде термов 5-ти входных и 1-ой выходной ЛП для построения причинно-следственных связей. Последние сформулируем посредством следующих НЛП:

r_1 : «Если x_1 =ЧУВСТВИТЕЛЬНА и x_2 =НЕУСТОЙЧИВЫЙ, тогда уровень z =НИЗКИЙ»;

r_2 : «Если x_1 =ЧУВСТВИТЕЛЬНА и x_2 =НЕУСТОЙЧИВЫЙ и x_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ и x_5 =НЕНАДЕЖНАЯ, тогда z =БОЛЕЕ ЧЕМ НИЗКИЙ»;

r_3 : «Если x_1 =ЧУВСТВИТЕЛЬНА и x_2 =НЕУСТОЙЧИВЫЙ и x_3 =БОЛЬШИЕ и x_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ и x_5 =НЕНАДЕЖНАЯ, тогда z =ЧЕРЕСЧУР НИЗКИЙ»;

r_4 : «Если x_1 =ЧУВСТВИТЕЛЬНА и x_3 =БОЛЬШИЕ и x_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ и x_5 =НЕНАДЕЖНАЯ, тогда z =ОЧЕНЬ НИЗКИЙ»;

r_5 : «Если x_1 =ЧУВСТВИТЕЛЬНА и x_3 =БОЛЬШИЕ и x_4 =НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ и x_5 =НАДЕЖНАЯ, тогда z =НИЗКИЙ»;

r_6 : «Если x_1 =НЕЧУВСТВИТЕЛЬНА и x_2 =УСТОЙЧИВЫЙ и x_3 =НЕБОЛЬШИЕ, тогда z =ВЫСОКИЙ».

Используемые в этих правилах значения лингвистической переменной z также можно задать в виде нечётких подмножеств универсального дискретного множества $U = \{0; 0,1; 0,2; \dots; 1\}$, например, $\forall u \in U$ с помощью следующих функций принадлежно-

сти: L =НИЗКИЙ: $\mu_L(u) = 1 - u$; ML =БОЛЕЕ ЧЕМ НИЗКИЙ: $\mu_{ML}(u) = \sqrt{1 - u}$; VL =ОЧЕНЬ НИЗКИЙ: $\mu_{VL}(u) = (1 - u)^2$; TL =ЧЕРЕСЧУР НИЗКИЙ: $\mu_{TL}(u) = \begin{cases} 0, u = 1, \\ 1, u < 1; \end{cases}$ H =ВЫСОКИЙ: $\mu_H(u) = u$.

7. Выводы

Для описания термов из левых частей правил необходимо провести предварительные исследования, связанные со сбором релевантной информации из предметных областей и с проведением статистического анализа, включая предварительные оценки факторов когнитивной карты из рис. 2, с тем, чтобы сформировать универсумы для построения соответствующих НМ. Пожалуй, это является самым сложным и затратным по времени процессом, для реализации которого, в первую очередь, необходим доступ к базам данных FAO UN.

В [10] предлагается метод многокритериального выбора альтернатив в условиях неопределенности, в основе которого лежит принцип пересечения нечетких критериев Беллмана-Заде и 9-балльная шкала лингвистических оценок Саати. Суть и новизна этого метода заключается в том, что он не требует трудоемких процедур, связанных с построением и обработкой матриц парных сравнений. Вместо этого используются специальные соотношения, основанные на сравнении с наихудшей альтернативой и наименее важным критерием. Тем не менее, данный метод многокритериальной оценки нуждается в первичной статистической совокупности данных из предметных областей.

Одним из наиболее простых и адекватных способов описания термов из левых частей приведенных НЛП могут быть НМ, построенные по опорному вектору, скажем, (a_1, a_2, \dots, a_n) , где a_k – оцениваемый на ПБ регион (страна), характеризующийся своими данными по каждому из факторов в составе КК, представленной на рис. 2. Например, в этом случае НМ A =НЕОГРАНИЧЕННАЯ как одно из значений ЛП «Физическая доступность ресурсов» может выглядеть как $A = \frac{\mu_A(u_1)}{a_1} + \frac{\mu_A(u_2)}{a_2} + \dots + \frac{\mu_A(u_n)}{a_n}$, где $\mu_A(u_k)$ ($k = 1 \div n$) – значение функции принадлежности показателя физической доступности ресурсов u_k региона a_k к A . Здесь в качестве функции принадлежности можно выбрать гауссовскую функцию: $\mu_A(u_k) = \exp\left\{-\frac{(u - u_k)^2}{\sigma_k^2}\right\}$, где σ_k^2 – плотность (дисперсия) распределения соседних элементов, выбирающаяся индивидуально для каждого случая.

Очевидно, что предлагаемые в статье типовые модели нуждаются в структурном и параметрическом обучении с тем, чтобы претендовать на необходимую степень адекватности поставленной задаче. Более того, не факт, что предложенная на рис. 2 КК вобрала в себя абсолютное большинство факторов, влияющих на уровень ПБ. Но предлагаемый подход именно тем и хорош, что является в определенном смысле гибким по отношению к возможным дополнениям и/или уточнениям, которые могут быть предъявлены экспертами и/или заказчиками. Тем не менее, даже в предложенном «несовершенном» варианте модель, не выдавая абсолютных значений для оценки уровней ПБ региона, способна реагировать на возможные изменения в концептах КК и стать основой для формирования глобальных целей FAO в отношении нуждающихся стран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новая стратегическая рамочная программа FAO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/meeting/029/mi558r.pdf>.
2. Zadeh L.A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes / L.A. Zadeh // IEEE Trans., Syst., Man., Cybern. – 1973. – Vol. SMC-3. – P. 28 – 44.

3. Максимов В.И. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач / В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко // Труды ИПУ РАН. – М., 1999. – Т. 2. – С. 95 – 109.
4. Коврига С.В. Методические и аналитические основы когнитивного подхода к SWOT-анализу / С.В. Коврига // Проблемы управления. – 2005. – № 5. – С. 58 – 63.
5. Корноушенко Е.К. Управление процессами в слабоформализованных средах при стабилизации графовых моделей среды / Е.К. Корноушенко, В.И. Максимов // Труды ИПУ РАН: сб. науч. тр. – М.: ИПУ РАН, 1999. – Т. 2. – С. 82 – 94.
6. Прангишвили И.В. О методах эффективного управления сложными системами / И.В. Прангишвили // Труды 5-ой междунар. конф. “Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций” (CASC’2005) / ИПУ РАН. – М., 2005. – С. 7 – 15.
7. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) [Электронный ресурс] / З.К. Авдеева [и др.]. – Режим доступа: <http://www.mtas.ru/Library/uploads/1168452488.pdf>.
8. Kosko B. Fuzzy cognitive maps / B. Kosko // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 1. – P. 65 – 75.
9. Рзаев Р.Р. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений / Рзаев Р.Р. – Verlag: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co, 2013. – 130 с.
10. Ротштейн А.П. Нечёткий многокритериальный выбор альтернатив: метод наилучшего случая / А.П. Ротштейн // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2009. – № 3. – С. 51 – 55.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2016