

ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ И ЕДИНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ СТРАНЫ

Кульба В.В.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
kulba@ipu.ru*

Меденников В.И.

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН
Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д.44-2
dommed@mail.ru*

Аннотация: в работе рассматривается математическая модель единой цифровой логистической платформы как связующее звено всех участников цепочки создания добавленной стоимости агропромышленными интегрированными формированиями, работающими в нескольких регионах, резкий рост которых обостряет проблему логистики между производителями продукции, поставщиками ресурсов и услуг, потребителями продукции.

Ключевые слова: цифровая платформа, логистика, АПК, математическая модель.

Введение

У нас в стране в последние десять лет наблюдается активное формирование агропромышленных интегрированных формирований в основном в виде агрохолдингов. Поскольку ядром данных формирований являются перерабатывающие предприятия, то одной из основных причин создания холдингов – это обеспечение бесперебойных поставок сырья для основного производства. Как правило, проблемы крупных перерабатывающих предприятий заключаются в плохой обеспеченности сырьем, а также в значительных ценах в рыночных условиях, превосходящих в несколько раз себестоимость сырья при собственном производстве его. Данная проблема стимулирует агрохолдинги к активной экспансии в другие регионы, приобретая там сельскохозяйственные предприятия, что приводит к дополнительным проблемам логистического характера наряду с необходимостью решения задачи эффективной интеграции материальных, трудовых, финансовых и информационных ресурсов. Например, лидер в 2016 г. по размеру посевной площади агрохолдинг «Продимекс» функционирует в Воронежской, Белгородской, Пензенской областях, Ставропольском крае и в Республике Башкортостан. Основные бизнес-интересы агрохолдинга «Мираторг», занимавшего второе место по размеру посевной площади, и входящего в тройку крупнейших производителей мяса в стране, сосредоточены в Брянской и Белгородской областях. Интересы агрокомплекса им. Н. Ткачева сосредоточены в Краснодарском, Ставропольском краях, Ростовской области, а также в Республике Адыгея. Группа «Русагро» сосредоточила активы в Белгородской, где у нее 50% земельных ресурсов, Тамбовской, Воронежской, Курской, Орловской областях и в Приморском крае. Компания «Доминант» ведет деятельность в Краснодарском и Алтайском краях, а также в Липецкой, Воронежской и Тамбовской областях. Холдинг «АгроТерра» имеет 33 предприятия в Тульской, Рязанской, Пензенской, Курской, Тамбовской, Липецкой и Орловской областях [1].

В работе [2] рассматривается формирование стратегии развития агрохолдинга в комплексе с проектированием единой цифровой платформы управления (ЦПУ) объединением и сервисов (прикладных платформ) управления отраслями с включением в модель и логистического блока, что способствует переходу к совершенно другой системе управления им. Показано, что данный подход согласуется с интеграционными тенденциями в части данных и приложений на Западе. Заметим, что формирование собственных логистических подразделений вступает в противоречие с тенденциями развития логистике в развитых странах, где управления цепями поставок состоит в переходе к комплексной системе взаимодействия организаций с использованием принципов промышленного аутсорсинга, то есть, передаче некоторых логистических услуг сторонним организациям, а также в переходе к формированию единого информационного пространства для координации и коммуникации участников цепями поставок. Так, в США рынок аутсорсинга составляет приблизительно 40 млрд. долл. По оценкам экспертов, суммарный же объем мирового рынка контрактной логистики составляет чуть более 172 млрд. евро. Существенное отставание российской логистики от развитых стран видно из следующих фактов. В соответствии с мировым рейтингом эффективности логистики Россия находится на 95 месте среди учитываемых 155 стран. В результате уровень расходов на

производственную логистику оценивается порядка 20% от всего ВВП, а в Европе лишь – 7-8%. в Китае – 15%. Низкое качество российской логистики вынуждает агрохолдинги формировать логистические центры, склады, решать проблемы минимизации холостых пробегов, организации доставки попутных грузов. Статистика подтверждает, что промышленные предприятия страны вынуждены создавать запасы, превышающие запасы в Европе и США на 18%, а Японии – на 64% [3].

В связи с этим в работе [2] показывается, что ЦПУ агрохолдингом должна быть встроена в единую ЦПУ АПК. В данной работе рассмотрим математическую модель формирования единой ЦПУ логистики России, исходя из необходимости интеграции ее с ЦПУ АПК, в которую уже интегрирована ЦПУ агрохолдингом.

1 Мировая эволюция применения ИТ-технологий в логистике

Лидером среди отраслей, применивших комплексный, системный подход к управлению своей деятельностью на базе инновационных информационных технологий, стала логистика. Основным мотивом к этому послужила именно представившаяся возможность непрерывного контроля в режиме удаленного доступа через соответствующие информационные системы (ИС) за материальными потоками, включая циклы производства, снабжения, потребления [3, 4]. Для того, чтобы выявить общие тенденции формирования ЦПУ в логистике и в АПК, позволяющие осуществить интеграцию их, рассмотрим эволюцию информатизации логистической деятельности в мире, дающей возможность разработать математическую модель формирования единой ЦПУ логистикой, системно гармонизированной в единую производственную ЦПУ. Совершенствование ИТ-технологий, особенно с появлением интернета, и аутсорсинга постепенно порождало следующие уровни интеграции и координации логистической деятельности.

1.1 Субконтрактинговая сеть поставок (ССП)

ССП – это объединение юридически независимых предприятий, действующих совместно на базе взаимосвязанных контрактов, когда каждое из них реализует свою часть общей цепочки перемещения продуктов от владельцев первичного сырья до конечного потребителя. При этом в СПП участвуют, как правило, лишь процессы транспортировки и хранения. Производственные процессы в данной сети при планировании ее не учитываются. СПП действует на достаточно длительном отрезке времени, в сети сложились устойчивые межхозяйственные связи, закрепленные долгосрочными договорами. Такая сеть дает шанс для предприятий снизить неблагоприятные, случайные рыночные воздействия, понизить экономические неопределенности и транзакционные издержки.

1.2 Информационная субконтрактинговая сеть (ИСС)

ИСС – это объединение предприятий, аналогичное СПП, с включением уже в сеть процессов производства продукции (товаров и услуг) с помощью координации их и оперативного распределения функций. Эти сети функционируют на основе информации в доступных участникам базах данных (БД) через специально разработанный портал об участниках ИСС, их производственных возможностях и потенциальных технологических операциях. Через указанный сайт можно самостоятельно найти поставщика сырья и продукции, найти заказ на производство, а также разместить свой заказ. Эффективность ИСС определяется возможностью быстрого нахождения поставщика или, наоборот, потребителя продукции. При этом участники ИСС самостоятельно формируют между собой договоры.

1.3 Производственно-логистическая сеть (ПЛС)

Концепцию ПЛС, объединяющую концепции СПП и ИСС, на данный момент можно назвать вершиной эволюции интеграционных процессов логистики. Основная цель ПЛС заключается в создании единой информационной и организационно-технологической среды путем объединения ресурсов независимых участников сети на некотором временном отрезке, в повышении эффективности и конкурентоспособности их. В ПЛС в отличие от ИСС, где общая БД служит лишь в качестве доски объявлений, единое информационное пространство (ЕИП) является основой для совместного планирования и управления проектами в сети. В функциональный модуль ПЛС входят ИС оперативного управления и общая облачная БД, в которой накапливаются и актуализируются по определенному формату данные всех участников по выполнению логистических операций, классификаторы, справочники, нормативно-правовая информация (НПИ).

1.4 Цифровая платформа логистики (ЦПЛ)

Предлагаемая ЦПЛ является чисто российской концептуальной разработкой на базе единой ЦПУ экономикой страны, в которую интегрирована и ЦПУ АПК [5]. Если в рассмотренной ПЛС

формирование ЕИП предполагает включение лишь незначительного состава участников опять же с ограниченным набором данных с целью планирования и управления небольшого списка функций в сети, то по аналогии с вышерассмотренной концепцией формирования единой ЦПУ для всех предприятий страны, в ЦПЛ создается уже единая универсальная система сбора, хранения первичной учетной, технологической информации, интегрированной как между собой, так и с единой системой классификаторов, справочников, нормативов, представляющих реестры практически всех материальных, интеллектуальных и человеческих ресурсов страны на основе онтологического моделирования этих видов информационных ресурсов.

Так, были определены цифровые стандарты в виде концептуальных и логических моделей технологических БД, а также единой информационной структуры первичного учета в следующем формате: вид осуществляемой операции, объект ее, место проведения операции, субъект проведения операции, дата проведения операции, временной интервал проведения, использованные средства производства при проведении операции, объем операции, вид и объем потребленного ресурса. При такой структуре все первичные данные любого предприятия могут храниться в единой облачной БД (ЕБД) в унифицированном виде.

ЦПЛ, опирающаяся на такую структуру ЦПУ с облачным хранением распределенного реестра информации, позволит формировать логистические цепочки произвольной конфигурации с участием уже большинства хозяйствующих субъектов страны, если не всех.

Внедрение ЦПЛ позволит наиболее эффективно внедрить технологии распределенных реестров, искусственного интеллекта и умных контрактов в логистическую систему. Принятие этих технологий в логистике потенциально обеспечит отслеживание грузов в режиме реального времени, сокращение рабочего процесса и повышение прозрачности. Согласно Всемирной Торговой Организации, устранение барьеров в цепи международных поставок товаров позволит увеличить мировой ВВП на 5 % и общий объем перевозок на 15%.

2 Онтологическая модель логистики

Поскольку в ЦПУ АПК ключевым звеном является понятие операции, то и в ЦПЛ важность понятия операций как элементарного действия (совокупности действий) приобретает не меньшее значение. Идентификация операций должна служить созданию нормативной базы и регламентов управления операционной логистической деятельностью. Такой процедуре должны быть подвержены как посредники в логистических цепях, так и производственные компании, предприятия торговли и сферы услуг. Облачные технологии ЦПЛ по хранению информации о логистических операциях участников обеспечат ведение оперативного учета и анализа затрат финансовых, материальных, информационных и трудовых ресурсов на их реализацию. В связи с этим в мире осуществлялись неоднократно попытки разработать логистическую онтологическую модель, что привело в конечном счете к определению неких стандартов на термины и понятия, одобренных большинством ведущих логистических компаний мира. Например, международной организацией – Советом по цепям поставок (The Supply-Chain Council-SCC) разработана SCOR-модель (Supply-Chain Operations Referencemodel – «Рекомендуемая модель операций в цепях поставок») [6].

SCOR-модель основана на онтологическом описании взаимоотношений между участниками логистической цепочки в виде пирамиды из четырех иерархических уровней, где метрики верхнего уровня группируют метрики более нижних уровней.

Приведем более подробное описание элементов пирамиды.

Бизнес-процесс – это комплекс взаимозависимых мероприятий или задач, направленных на создание некоторого продукта (услуги) для потребления.

В общем случае в SCOR-модели выделено пять базисных бизнес-процессов, которым следуют все участники цепочки поставок:

Make («делать») – действия, определяемые непосредственно производством товара (услуги).

Source («снабжать») – действия, завязанные на элементы снабжения различных ресурсов для осуществления производства (продажи) товара.

Deliver («доставлять») – действия по перемещению товара потребителям его, вне зависимости от того, кто это осуществляет – сама компания или ее контрагент.

Return («возвращать») – действия, характеризующие возврат бракованной продукции, оборотной тары, утилизацию отходов или брака и т.п.

Plan «Планирование» интегрирует все предыдущие элементы SCOR-модели, являясь координирующим звеном деятельности всех участников.

Следующее онтологическое описание в SCOR-модели касается участников цепочки поставок, которые классифицированы на следующие группы: поставщики поставщиков с более детальной конкретизацией – начальный поставщик, поставщик 2-го уровня, поставщик 1-го уровня; поставщик; фокусная компания; потребитель; потребитель потребителей также с более детальной конкретизацией – потребитель 1-го уровня, потребитель 2-го уровня, конечный потребитель).

Логистический процесс — определенным образом организованная во времени последовательность выполнения логистических операций/функций, позволяющая достигнуть заданные на плановый период цели логистической деятельности или ее функциональных подразделений.

Метрика 2 уровня SCOR-модели определяет 26 базовых логистических процессов, являющихся реализацией приведенных выше пяти базисных бизнес-процессов, спроецированных на перечисленных выше участников цепи поставок, и которые могут быть использованы для реорганизации существующих цепочек.

Под логистической функцией [4] понимается группа операций, объединённых для достижения определенных целей в управлении потоками материальных ресурсов. Классификация этих функций касается следующих функциональных сфер логистического управления: закупочная логистика, производственная логистика, распределительная логистика, транспортная логистика, логистика запасов, логистика складирования, логистика сервиса, информационная логистика. Поэтому метрика 3 уровня касается в большей степени логистических функций и обеспечивает участников цепочек информацией, необходимой для конкретизации целей планирования в ней изменений.

Логистическая операция [4]: любое действие, необходимое при возникновении или преобразовании основных либо сопутствующих ресурсных потоков, не подлежащее уже дальнейшему дроблению в рамках управленческих задач логистической системы. Выделение этих операций из каждого бизнес-процесса диктуется практической целесообразностью или потребностью учета финансовых издержек, затрат времени, трудоемкости работ, производительности компонентов инфраструктуры цепочек и пр. Логистические операции в большинстве своем относятся к метрике 4 уровня SCOR-модели. На данный момент в силу отсутствия согласованных цифровых стандартов на ось приложений, считается, что набор логистических операций является уникальным для каждого предприятия. Из-за этого, на уровне логистических операций и возникает неудовлетворенность заказчика стандартным ПО, требующего процедуры кастомизации его под потребности конечного пользователя. Зачастую, это может оказаться очень непростой процедурой, и вместо настройки ПО на требования пользователя начинают модифицировать процессы под существующие возможности ПО. При этом под кастомизацией понимается персонализация ПО под требования конкретных потребителей путём внесения изменений в программный код либо в дизайн его.

Таким образом, логистические операции, учитываемые в материальных потоках, определяют: погрузку, разгрузку, затаривание, перевозку и экспедирование товаров, перегрузку с одного вида транспортных средств на другой, приёмку и отпуск грузов со склада, хранение и сортировку, комплектацию и маркировку их.

Анализ деятельности ряда логистических компаний с учетом взаимодействия их со смежниками [7], с рассмотренной выше единой информационной структурой первичного учета, позволил определить следующие классификаторы облачной структуры логистических операций, удовлетворяющей потребности в информации и бухгалтерии, и при проектировании и оптимизации логистических цепочек и ряда других задач.

1. Виды операций:
 - 1.1. заказ;
 - 1.2. изготовление;
 - 1.3. доставка;
 - 1.4. разгрузка;
 - 1.5. складирование;
 - 1.6. отгрузка;
 - 1.7. монтаж;
 - 1.8. сервисное обслуживание;
 - 1.9. демонтаж;
 - 1.10. ремонт;
 - 1.11. подготовка к погрузке;
 - 1.12. подготовка к монтажу;
 - 1.13. хранение и сортировка;
 - 1.14. возврат товарно-материальных ценностей (ТМЦ);

- 1.15. страхование грузов;
- 1.16. заключение договоров;
- 1.17. расчеты с поставщиками и потребителями.
2. Объекты операций:
 - 2.1. продукция (код, производитель, маркировка, дата изготовления, прочая информация);
 - 2.2. основное средство (наименование, инвентарный номер, регистрационный номер и прочая информация);
 - 2.3. оборотное средство (наименование, инвентарный номер и прочая информация);
 - 2.4. исполнители (наименование, табельный номер и прочая информация).
3. Место проведения операций:
 - 3.1. склад (идентификация с реквизитами: регион, адрес, наименование, номер и прочая информация);
 - 3.2. предприятие (наименование, регион, адрес, ОКВЭД и прочая информация);
 - 3.3. дорога (маршрут) (начальная точка, конечная точка и прочая информация);
 - 3.4. адрес сайта (идентификация с реквизитами: регион, адрес, наименование, номер и т.д.).
4. Оперирующая сторона:
 - 4.1. предприятие (идентификация с реквизитами: вид деятельности (изготовитель, дилер, транспортная компания и т.д.), регион, адрес, наименование, номер и т.д.);
 - 4.2. кладовщик (ФИО, табельный номер, место работы и т.д.);
 - 4.3. бригада (номер или ФИО бригадира, место работы и т.д.);
 - 4.4. водитель (ФИО, место работы, номер авто и т.д.);
 - 4.5. приемщик (ФИО, место работы, и т.д.);
 - 4.6. водитель разгрузочного средства (ФИО, место работы, номер автосредства и т.д.).
5. Дата проведения (формируется на основе единых требований).
6. Интервал времени проведения (формируется на основе единых требований).
7. Задействованные средства производства:
 - 7.1. погрузчик (государственный номер, идентификация с реквизитами и пр.);
 - 7.2. автосредство (государственный номер, идентификация с реквизитами и пр.);
 - 7.3. ручной труд (ФИО, ФИО бригадира, место работы и т.д.);
 - 7.4. адрес сайта (идентификация с реквизитами: регион, адрес, наименование, номер и т.д.).
8. Объем операции:
 - 8.1. количество (продукции, оборотных средств, денег, заказов и т.д.).
9. Вид потребленного ресурса:
 - 9.1. деньги (код, вид и пр.);
 - 9.2. тара (код, вид и пр.);
 - 9.3. топливо (код, вид и пр.);
 - 9.4. запчасти (код, вид и пр.);
 - 9.3. прочие ресурсы (код, вид и пр.).
10. Объем потребленного ресурса формируется на основе принятых в логистике требований.
11. Документы, применяемые в логистике:
 - 11.1. акт готовности заказчика к проведению работ;
 - 11.2. акт монтажа оборудования у заказчика;
 - 11.3. задание на приемку товара;
 - 11.4. заказ на поставку товара;
 - 11.5. заявка на утилизацию;
 - 11.6. требование-накладная;
 - 11.7. накладная;
 - 11.8. акт о приеме-передаче ТМЦ;
 - 11.9. акт сдачи ТМЦ на хранение;
 - 11.10. акт о возврате ТМЦ;
 - 11.11. акт о возврате ТМЦ, сданных на хранение;
 - 11.12. промежуточный акт монтажа оборудования у заказчика;
 - 11.13. акт об расхождении по количеству и качеству ТМЦ;
 - 11.14. товарно-транспортная накладная;
 - 11.15. всевозможные договоры;
 - 11.16. акт о выполненных работах.

3 Математическая модель оптимизации логистической деятельности на базе цифровой платформы логистики

Исходя из результатов раздела 2, в этом разделе формализуем самую востребованную в общей логистической деятельности систему управления внешней логистикой для более эффективного анализа, планирования и проектирования цепочек поставок. В этом случае из всех возможных групп участников цепочки останутся следующие: поставщики, потребители, склады, транспортные компании, монтажные компании, утилизационные компании (рис. 1). Очевидно, что блок формирования цепочки поставок является основным и представляет наибольшую трудность для формализации. В силу особенностей связанности только финансами данного блока с блоками выбора монтажной и утилизационной организации, что относит решение выбора их к классу блочного программирования, формализация которого не представляет трудностей. Рассмотрение данной проблемы можно посмотреть в [3].

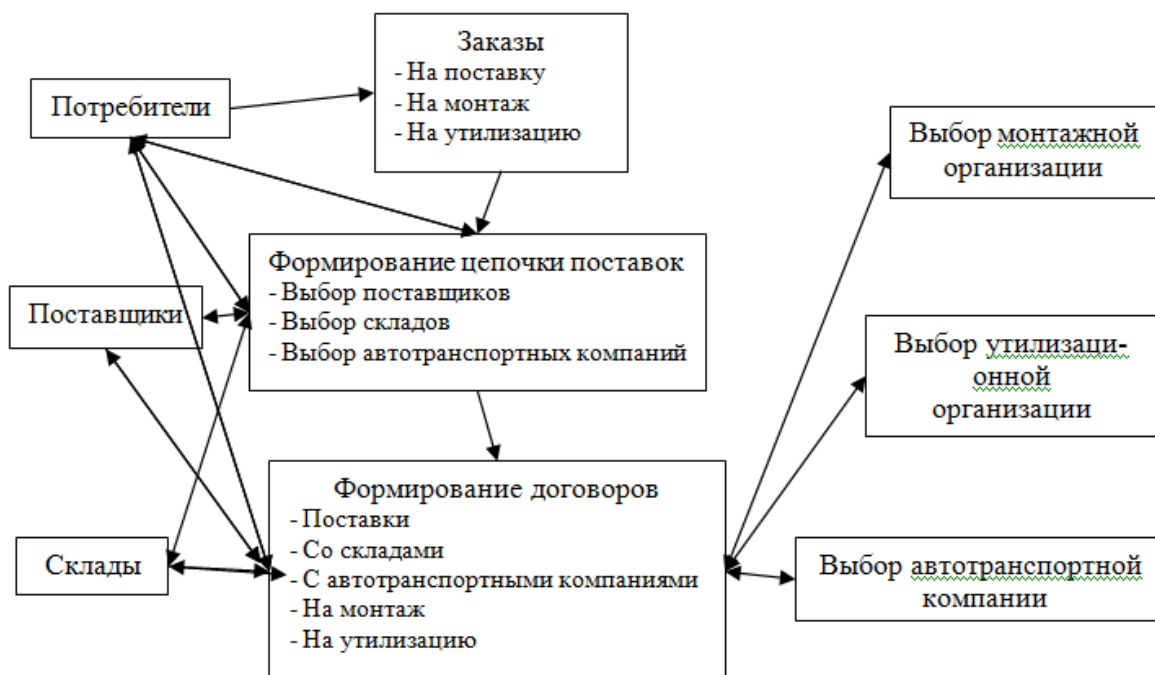


Рис. 1. Схема взаимодействия участников цепочки поставок

Итак, с учетом сделанных замечаний, рассматривается система, состоящая из следующих множеств: поставщиков и потребителей товаров, транспортных компаний (ТК), складов. Ставится задача формирования оптимальных логистических цепочек поставки поставщиками продуктов потребителям транспортными компаниями с использованием складов на основе критерия минимизации общих затрат на продукты, транспортировку их, складские услуги. В силу этого также в комплексе будут решаться задачи по отслеживанию транспорта, по управлению заказами на основе соответствующих заявок, по управлению расходами на транспортировку и складирование грузов.

Предполагаем, что ТК достаточное количество для удовлетворения всех потребностей в транспорте, а также, что предложение товаров превышает спрос. Процесс управления цепочками предполагается периодически с периодом T с условием, что за данный период не должно быть задержек на производство и поставку товаров, и все операции усреднены по времени. Заметим, что на выбор периода T оказывают влияние такие факторы, как число заявок, объемы транспортируемого груза от поставщиков в складские площади и оттуда потребителям, а также напрямую без перевалки от поставщиков к потребителю в целях максимальной загрузки транспорта. Влияют также ограничения по скорости оборота денежных средств, товаров на складах, срочности выполнения сформированных заявок. К примеру, если T будет слишком малым, то модель выдаст большой недозагруз транспортных средств, в противном случае образуются очереди, не будет хватать мощностей складских помещений, транспорта, возрастет закредитованность участников цепочки поставок. Оптимальное значение T можно определить, по крайней мере, тремя способами. Первый основан на статистике о всех транспортных операциях, касающихся времени погрузки, разгрузки, складирования, транспортировки, оборота финансовых средств; объемных данных перевозимого груза, видов транспорта в цепях и т.д.,

что позволит за длительный интервал времени выяснить некие средние характеристики и рассчитать T . В этом случае при наличии большого объема данной информации можно было бы попытаться сформулировать оптимизационную модель. Второй – на основе имитационной модели получить искомую величину T . Третий – на основе мнений экспертного сообщества.

Также сделаем предположение, что из всех характеристик ТС в виде грузоподъемности, объема перевозимого товара и т.д., будем учитывать только фактическую грузоподъемность их, рассчитанной на основе удельной объемной грузоподъемности, поскольку учет всех остальных характеристик приведет к резкому усложнению модели. Под единицей продукта, объемом поставок, хранения будем понимать как единицу, так и объем удельной объемной грузоподъемности товара.

Тогда введем обозначения.

Переменные:

x_{ijk} – объем поставок k -го продукта из пункта j в пункт i , где $i \in I$, $k \in K$, $j \in J$;

y_{irms}^1 – объем поставок продукта из пункта s в пункт i r -м видом ТС n -й ТК, где s – номер склада, $s \in S$, $n \in N$, $r \in R$;

y_{irms}^1 – объем поставок продукта из пункта s в пункт i r -м видом ТС n -й ТК через h -й пункт, $h \in I$;

y_{jms}^2 – объем поставок продукта из пункта j в пункт s r -м видом ТС n -й ТК;

y_{ijm}^3 – объем прямых поставок продукта из пункта j в пункт i ;

y_{ks}^4 – объемы хранения k -го продукта на s -м складе;

Уравнения и неравенства:

$$\sum_j x_{ijk} = v_{ik},$$

где v_{ik} – объем потребности i -го потребителя в k -ом продукте;

$$\sum_i x_{ijk} \leq w_{jk}, \quad (1)$$

где w_{jk} – объем наличия k -го продукта у j -го поставщика;

$$\sum_{is} y_{irms}^1 + \sum_{js} y_{jms}^2 + \sum_{ij} y_{ijm}^3 \leq D_m, \quad (2)$$

где D_m – суммарная фактическая грузоподъемность всех ТС r -го вида у n -й ТК с учетом удельной объемной грузоподъемности, $D_m = d_r * R_n$, где R_n – количество видов ТС у n -й ТК;

балансовые соотношения:

$$\sum_{irms} y_{irms}^1 = \sum_{jms} y_{jms}^2, \quad \sum_{jk} x_{ijk} = \sum_{rms} y_{irms}^1 + \sum_{jrn} y_{ijm}^3, \quad \sum_{ik} x_{ijk} = \sum_{rms} y_{jms}^2 + \sum_{irn} y_{ijm}^3, \quad \sum_{jm} y_{jms}^2 = \sum_k y_{ks}^4, \quad y_{irms}^1 =$$

$$\sum_h y_{irms}^1, \quad \sum_{irn} y_{irms}^1 = \sum_k y_{ks}^4; \quad (3)$$

$$d_r - \varepsilon_r \leq y_{ijm}^3, \quad (4)$$

где d_r – фактическая грузоподъемность r -го вида ТС, выражение определяет требование почти полной загрузки (ε_r – допустимый недозагруз) прямых поставок продукта из пункта j в пункт i r -го вида ТС n -й ТК;

$d_r - \varepsilon_r \leq \sum_i y_{irms}^1$ – требование почти полной загрузки (ε_r – допустимый недозагруз) r -го вида ТС n -

й ТК при поставке продукта из пункта s в пункт i через h -й пункт;

$$\sum_k y_{ks}^4 \leq A_s, \quad (5)$$

где A_s – мощность склада s .

Критерий эффективности:

$$c_0 = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 \rightarrow \min, \quad (6)$$

где $c_1 = \sum_{irns} f_{irnsh}^1 y_{irnsh}^1$, f_{irnsh}^1 – расценки перевозки единицы продукта из пункта s в пункт i , $c_2 = \sum_{jrns} f_{jrns}^2 y_{jrns}^2$, f_{jrns}^2 – расценки перевозки единицы продукта из пункта j в пункт s r -м видом ТС у n -й ТК, $c_3 = \sum_{ijm} f_{ijm}^3 y_{ijm}^3$, f_{ijm}^3 – расценки перевозки единицы продукта (без перевалки) из пункта j в пункт i r -м видом ТС у n -й ТК, $c_4 = \sum_{ks} d_{ks} y_{ks}^4$, d_{ks} – расценки на хранение и грузообработку единицы k -го продукта на s -м складе, $c_5 = \sum_{ijk} p_{jk} x_{ijk}$, p_{jk} – цена единицы k -го продукта у j -го поставщика.

В результате получим конкретные значения

$$x_{ijk}^*, y_{irns}^{*1}, y_{irnsh}^{*1}, y_{jrns}^{*2}, y_{ijm}^{*3}, y_{ks}^{*4}. \quad (7)$$

Благодаря данной процедуре удалось свести в целом нелинейную задачу формирования логистической цепочки с загрузкой каждого конкретного автомобиля продуктами от разных поставщиков с различными их ценами к линейной путем объединения ресурсов ТС и продуктов с различными стоимостями и ценами. Однако, при этом была потеряна детализация загрузки каждого ТС конкретными продуктами. При решении этой линейной задачи получили обобщенные потоки продуктов с распределением на группы ТС. Рассмотрим далее эвристические алгоритмы для трех транспортных потоков решения задачи загрузки каждого ТС конкретными продуктами с нелинейной постановкой задач.

Прямые поставки

Введем новые переменные $x_{ijk}^{*t} = x_{ijk}^*$, $y_{ijg_m n}^{3t} = y_{ijm}^{*3}$, g_m – счетчик номера ТС r -го вида у n -й ТК.

Положим $i=1, k=1, j=1, r=1, n=1, g_m=1$. Введем множество $K^* = K$.

Шаг 1. Если $y_{ijg_m n}^{3t} \geq d_r$ то к шагу 2, иначе, к шагу 5.

Шаг 2. $y_{ijg_m n}^{3t} = y_{ijg_m n}^{3t} - d_r$, если при этом $x_{ijk}^{*t} \geq d_r$, то переходим к шагу 3, иначе, к шагу 4.

Шаг 3. $x_{ijk}^{*t} = x_{ijk}^{*t} - d_r$.

Загружается авто g_m товаром k из пункта j в пункт i . Если $g_m < N_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r = r + 1$, если $r = R_n$, то $n = n + 1$ и к шагу 1.

Шаг 4. Решаем оптимизационную задачу: $\max_m \sum_{m \in K^*} x_{ijm}^{*t} \leq d_r$. Находим решение x_{ijk}^{**t} для некоторых k^* . Определяем $\alpha = d_r - \max_m \sum_{m \in K^*} x_{ijm}^{*t}$, $K^* = K^* \setminus k^*$, если $\alpha = 0$, то шагу 4.1, иначе, если $K^* = \emptyset$, то к шагу 4.1, иначе принимаем $x_{ijk}^{*t} = x_{ijk}^{*t} - x_{ijk}^{**t}$ находим $x_{ijk^1}^{*t}$ такое, что $x_{ijk^1}^{*t} \geq \alpha$ и $k^1 \in K^*$. Если такого k^1 не нашли, то к шагу 4.1, иначе для этого k^1 находим $x_{ijk^1}^{*t} = x_{ijk^1}^{*t} - \alpha$ и к шагу 4.1.

Шаг 4.1. Загружаем в авто g_m продукты с номерами k^* и часть α с номером k^1 . Если $g_m < R_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r = r + 1$, если $r = R_n$, то $n = n + 1$ и к шагу 1.

Шаг 5. Если $y_{ijg_m n}^{3t} \leq d_r$, то загружаем в авто g_m остаток продукта x_{ijm}^{*t} из пункта j (место нахождения продукта j -го поставщика) в пункт i (место доставки i -го потребителя).

Если $g_m < N_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r = r + 1$, если $r = R_n$, то $n = n + 1$ и к шагу 6.

Шаг 6. Если $j < J$, то $j = j + 1$ и к шагу 1, иначе $j = 1$, Если $i < I$, то $i = i + 1$ и к шагу 1, иначе к шагу 7.

Шаг 7. Расчеты закончены. Получены прямые поставки x_{ijk}^{*t3} .

Поставки на склады

В результате предыдущих расчетов у поставщиков есть остатки x_{ijk}^{*t} . Введем переменные $y_{jg_m ns}^{2t} = y_{jrns}^{*2}$, $y_{ks}^{4t} = y_{ks}^{*4}$. Определим $j=1, s=1$, множество $K^* = (1, 2, 3, \dots, K)$. Поскольку $y_{jg_m ns}^{2t} = \sum_{ik} x_{ijk}^{*t}$, то в дальнейшем будем для распределения по ТС использовать эту величину.

Шаг 1. Если $y_{jg_mns}^{2t} \geq d_r$, то к шагу 2, иначе, к шагу 5.

Шаг 2. $y_{jg_mns}^{2t} = y_{jg_mns}^{2t} - d_r$. Если при этом $x_{ijk}^{*t} \geq y_{ks}^{*4}$ и $s=S$, то к шагу 7, иначе $s = s+1$ и переходим к шагу 3, иначе, при $x_{ijk}^{*t} < y_{ks}^{*4}$ к шагу 4.

Шаг 3. $x_{ijk}^{*t} = x_{ijk}^{*t} - d_r$.

Загружается авто g_m товаром k из пункта j в пункт s . Если $g_m < N_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r=r+1$, если $r=R_n$, то $n=n+1$ и к шагу 1.

Шаг 4. Решаем оптимизационную задачу: $\max \sum_m \sum_{m \in K^*} x_{ijm}^{*t} \leq d_r$. Находим решение x_{ijk}^{**t} для некоторых k^* . Определяем $\alpha = d_r - \max \sum_m \sum_{m \in K^*} x_{ijm}^{*t}$, $K^* = K^* \setminus k^*$, если $\alpha = 0$, то к шагу 4.1, иначе, если $K^* = 0$, то к шагу 4.1, иначе $x_{ijk}^{*t} = x_{ijk}^{*t} - x_{ijk}^{**t}$ находим $x_{ijk^1}^{*t}$ такое, что $x_{ijk^1}^{*t} \geq \alpha$ и $k^1 \in K^*$. Если такого k^1 не нашли, то к шагу 4.1, иначе, для этого k^1 находим $x_{ijk^1}^{*t} = x_{ijk^1}^{*t} - \alpha$ и к шагу 4.1.

Шаг 4.1. Загружаем в авто g_m продукты с номерами k^* и часть α с номером k^1 . Если $g_m < R_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r=r+1$, если $r=R_n$, то $n=n+1$ и к шагу 1.

Шаг 5. Если $y_{jg_mns}^{2t} < d_r$, то загружаем в авто g_m остаток продукта x_{ijk}^{*t} из пункта j (место нахождения продукта j -го поставщика) в пункт s (склад).

Если $g_m < N_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r=r+1$, если $r=R_n$, то $n=n+1$ и к шагу 6.

Шаг 6. Если $j < J$, то $j=j+1$ и к шагу 1, иначе $j=J$, Если $s < S$, то $s=s+1$ и к шагу 1, иначе к шагу 7.

Шаг 7. Расчеты закончены. Получены поставки товаров k из пункта j в пункт s x_{ijk}^{*t2} , а также загрузку складов y_{ks}^{*p4} .

Поставки со склада

В результате предыдущих расчетов у поставщиков не осталось товаров, предназначенных для поставки, а у потребителей остались недопоставленные товары $v_{ik}^* = v_{ik} - \sum_j x_{ijk}^{*t3}$ со складов. Введем

переменные $y_{ig_mnsh}^{1t} = y_{irnsh}^{*1}$, $y_{ks}^{4t} = y_{ks}^{*4}$ (загрузка авто g_m). Определим $i=1, s=1, k=1, h=1, y_{ig_mnsh}^{*1t}$ (загруженность авто g_m) = 0, множество $K^* = (1, 2, 3, \dots, K)$.

Шаг 1. Если $y_{ig_mnsh}^{1t} \geq d_r$, то к шагу 2, иначе к шагу 4.

Шаг 2. $y_{ig_mnsh}^{1t} = y_{ig_mnsh}^{1t} - d_r$. Если при этом $y_{ks}^{4t} \geq v_{ik}^*$, то загружается авто g_m товаром k из пункта s в пункт i через пункт h . $y_{ks}^{4t} = y_{ks}^{4t} - d_r$, $v_{ik}^* = v_{ik}^* - d_r$. Если $g_m < N_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r=r+1$, если $r=R_n$, то $n=n+1$ и к шагу 1. Иначе, при $y_{ks}^{4t} < v_{ik}^*$ к шагу 3.

Шаг 3. Если $d_r \leq y_{ks}^{4t}$, то $y_{ks}^{4t} = y_{ks}^{4t} - d_r$, $v_{ik}^* = v_{ik}^* - d_r$. Загружается авто g_m товаром k из пункта s в пункт i через пункт h . Если $g_m < N_m$, то $g_m = g_m + 1$. Если $g_m = N_m$ и $r < R_n$, то $r=r+1$, если $r=R_n$, то $n=n+1$ и к шагу 1. При $y_{ks}^{4t} < d_r$ и при $y_{ig_mnsh}^{*1t} + y_{ks}^{4t} \leq d_r$, то к шагу 3.1, при $y_{ig_mnsh}^{*1t} + y_{ks}^{4t} > d_r$ - к шагу 3.2.

Шаг 3.1. Загружается в авто g_m товар y_{ks}^{4t} , $y_{ig_mnsh}^{*1t} = y_{ig_mnsh}^{*1t} + y_{ks}^{4t}$, $v_{ik}^* = v_{ik}^* - y_{ks}^{4t}$, $y_{ks}^{4t} = 0$, $k=k+1$ и к шагу 3. Если для любого k выполняется $y_{ks}^{4t} = 0$, то к шагу 6, иначе к шагу 1.

Шаг 3.2. Загружается в авто g_m товар $y_{ks}^{4t} - (d_r - y_{ig_mnsh}^{*1t})$, из пункта s в пункт i через пункт h . $y_{ks}^{4t} = y_{ks}^{4t} - (d_r - y_{ig_mnsh}^{*1t})$, $y_{ig_mnsh}^{*1t} = 0$. К шагу 3.1.

Шаг 4. Если $y_{ig_mnsh}^{1t} < d_r$, то при $y_{ks}^{4t} < d_r$ и при $y_{ig_mnsh}^{*1t} + y_{ks}^{4t} \leq d_r$, то к шагу 4.1, при $y_{ig_mnsh}^{*1t} + y_{ks}^{4t} > d_r$ - к шагу 4.2.

Шаг 4.1. Загружается в авто g_{rn} товар y_{ks}^{4t} , $y_{ig_{rn}nsh}^{*1t} = y_{ig_{rn}nsh}^{*1r} + y_{ks}^{4t}$, $v_{ik}^* = v_{ik}^* - y_{ks}^{4t}$, $y_{ks}^{4t} = 0$. Если для любого k выполняется $y_{ks}^{4t} = 0$, то к шагу 5, иначе к шагу 1.

Шаг 4.2. Загружается в авто g_{rn} товар $y_{ks}^{4t} - (d_r - y_{ig_{rn}nsh}^{*1t})$, из пункта s (склад) в пункт i через пункт h . $y_{ks}^{4t} = y_{ks}^{4t} - (d_r - y_{ig_{rn}nsh}^{*1t})$, $y_{ig_{rn}nsh}^{*1t} = 0$. К шагу 4.1.

Шаг 5. Если $i < I$, то $i=i+1$ и к шагу 1, иначе $i=1$, если $h < I$, то $h=h+1$ и к шагу 1, иначе, если $s < S$, то $s=s+1$ и к шагу 1, иначе к шагу 6.

Шаг 6. Расчеты закончены. Получены поставки продуктов $y_{ig_{rn}nsh}^{1t}$ из складов s в пункты i -х потребителей через пункты h с загрузкой k -м продуктом каждого ТС.

На этом этапе задача формирования оптимальной цепочки поставок в логистике завершена, результаты которой могут быть оформлены договором в виде смарт-контрактов. Данную процедуру моделирования можно применить и для оперативного управления в случае, когда в цепи поставок случится какой-нибудь сбой, либо проявятся новые заявки. Для чего введем в модель переменную t , отражающую период планирования. Кроме того, при некоторых изменениях, модель будет применима и для стратегического планирования с расчетом инвестиций в логистическую инфраструктуру, например, оптимальное введение в цепочку новых складов за счет нового строительства, либо аренды. В процессе совершенствования управленческих процедур со временем на основе представленной модели будут видоизменяться и некоторые параметры модели, такие, как расценки и пр. При формировании же единой ЦПЛ на уровне региона, либо страны в модель можно будет предусмотреть возможность включения в цепочку и поставщиков, ТК, не входящих в планируемую в модели коалицию и осуществляющих доставку на встречных маршрутах в целях минимизации холостого пробега с обоих направлений.

Замечание. Загрузка ТС конкретными продуктами с помощью представленных выше эвристических алгоритмов для каждого из трех логистических потоков происходила в порядке возрастания их некоторых условных номеров. Данную процедуру возможно было бы модифицировать при введении ограничивающих требований на время прибытия, сроки ожидания и разгрузки ТС, на пропускную способность складских помещений, на габариты и совместимость грузов и т.д.

Заключение

Рассмотрена математическая модель цифровой платформы логистики, позволяющая наиболее эффективным образом внедрить технологии блокчейна и интеллектуальных контрактов в логистическую деятельность. Данная платформа потенциально обеспечит отслеживание грузов в режиме реального времени, сокращение трудоемкости процесса и повышение доверия между участниками цепочки поставок. В то же время для перевозчиков откроются новые рынки, сократятся холостые пробеги за счет доступности ЦПУ АПК и ЦПЛ большему количеству заказчиков. Предложенная ЦПЛ может стать существенным преимуществом в конкурентной борьбе предприятий АПК за счет значительного синергетического эффекта интеграции этих двух платформ.

Таким образом, ЦПУ АПК и ЦПЛ позволяют проследить весь жизненный цикл продукции и адекватно учесть все транзакции; являются основой реализации умных контрактов; становятся выгодна всем участникам цепочки, позволяя равномерно распределить риски между всеми участниками, что приводит к снижению издержек и возрастанию инновационной восприимчивости участников с получением существенной экономической выгоды от такой кооперации.

Литература

1. Минаев В.Н. Роль агрохолдингов в развитии экономик регионов России // Научный вестник Южного института менеджмента. 2018, №2. – С.74-81.
2. Кульба В.В., Меденников В.И. Учет региональных особенностей стратегического управления агропромышленными интегрированными формированиями в едином пространстве цифрового взаимодействия // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021): Труды Четырнадцатой международной конференции, Москва, 27-29 сентября 2021 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2021. – С. 70-82.
3. Меденников В.И. Математическая модель формирования единого информационного логистического пространства страны // Информатизация образования и науки. 2021, № 2(50). – С.44-61.
4. Толуев Ю.И., Планковский С.И. Моделирование и симуляция логистических систем. – Киев: Миллениум. 2009. – 85 с.
5. Меденников В.И. Математическая модель формирования цифровых платформ управления экономикой

страны // Цифровая экономика. 2019, №1(5). – С. 25-35.

6. SCOR-модель // Лекционные материалы на сайте Хелпикс.Орг. URL: <http://helpiks.org/9-16320.html/> (дата обращения: 12.12.2021).
7. *Ерешко Ф.И., Кульба В.В., Меденников В.И.* Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей // АПК: экономика, управление. 2018, № 10. – С. 34-46.