

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ

УДК 519.85

Гриценко Г. М., д-р экон. наук, профессор, Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Алтайская лаборатория СибНИИЭСХ, г. Барнаул

Чернякова М. М., канд. экон. наук, доцент, Сибирский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Новосибирск

Ермаков А. О., руководитель департамента по стратегическому развитию и науке, Научно-исследовательский институт корпоративного и проектного управления, г. Москва

**ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ
МОЛОЧНОЙ ОТРАСЛИ РЕГИОНА**

Статья посвящена разработке эффективной цифровой технологии по регулированию организаций молочной отрасли. Предложено применять имитационное моделирование на основе теории сетей Петри. Продемонстрированы основные этапы эволюции простой сети Петри до инновационно-диверсификационной.

Ключевые слова: молочная отрасль, регулирование, имитационное моделирование, инновационно-диверсификационная сеть, цифровая технология.

Развитие молочной отрасли происходит как под влиянием цифровизации, так и вследствие развития экономико-математических теорий, их воздействия на национальную экономику посредством формулирования рекомендаций и предложений в области государственного регулирования. Именно в этом сходятся ведущие экономисты. Однако существуют разногласия относительно масштабов, механизмов и целей такого влияния. Рассмотрим особенности формирования основных теоретических подходов к проблемам государственного регулирования на примере молочной отрасли.

Государственное регулирование экономики в условиях цифровизации влечёт за собой изменение системы мер законодательного, исполнительного и контролирующего характера, которые должны быть реализованы уполномоченными государственными учреждениями и общественными организациями в целях адаптации экономико-социальной системы к цифровой экономике. Основными драйверами цифровой трансформации являются новые продукты и сервисы, новые информационные и управленческие технологии, инновационные бизнес-модели. Ключевой драйвер цифровой трансформации – отраслевые цифровые платформы.

Молочная отрасль характеризуется сетевой структурой организаций. Математический аппарат для систем сетевой структуры теоретически хорошо разработан и может быть реализован для организаций отрасли в виде имитационной модели. По мнению авторов, такая структура может быть реализована на основе теории сетей Петри.

Именно усовершенствование сетей Петри позволит применить их для моделирования работы организаций по принятию воздействующих решений подсистемы регулирования молочной отрасли. Подсистему регулирования можно рассматривать косвенно, через модель.

Манипулируя моделью подсистемы регулирования молочной отраслью, мы получим новую информацию об организациях, избежим опасностей, дороговизны или неудобства анализа реальной системы. Как правило, модели основываются на математической базе. Совершенствование теории сетей Петри осуществляется по следующим основным направлениям:

- разработка основных средств, методов и понятий;
- исследование возможностей применения прикладной теории сетей Петри к моделированию систем, их анализу и достижение результатов глубокого проникновения в моделируемые процессы и системы.

Инновационный подход к технологическому процессу организаций молочной отрасли характеризуется сложной динамической системой, в состав которой входят: оборудование, средства контроля и управления, вспомогательные и транспортные устройства, обрабатывающие инструменты или среды, которые находятся в непрерывном движении, взаимодействии и изменении, объекты производства, операторы (люди, роботы, манипуляторы), осуществляющие процессы и управляющие ими. Анализ сложных технологических процессов предполагает декомпозицию производственной системы на подсистемы и подподсистемы различного уровня. В результате декомпозиции системы на подсистемы возможно построить иерархию структуры производственной системы, которая позволит рассмотреть её на различных уровнях детализации.

Высокие сложность и трудоёмкость процессов проектирования технологических процессов и систем молочной отрасли обуславливают использование цифровых технологий.

Прогнозировать результаты проектирования технологических процессов и систем (ИКТ) целесообразно с помощью методов имитационного моделирования [1].

Целевая функция концепции инновационного имитационного моделирования процессов и систем в молочной отрасли заключается в проектных расчётах характеристик производительности и эффективности, с учётом анализа различных вариантов структуры организаций, степеней рисков цифровой экономики [2], а также воздействия возмущающих факторов окружающей и внутренней сфер. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи модельного проектирования:

- прогнозирование основных характеристик производственных систем и технологических процессов;
- получение статистических показателей и других характеристик технико-экономической эффективности;
- использование полученных результатов модельного проектирования для поиска наилучшего варианта производственных систем или технологических процессов;
- исследование оптимальных вариантов структуры операций технологического процесса с помощью инструментов модели цифровой экономики.

При помощи инструментов модельного проектирования можно, например, описать работу автоматизированного рабочего места (АРМ) молочной фермы, агрохолдинга или отрасли в целом. Модельное проектирование производственных систем или технологических процессов позволит репродуцировать параллельные, последовательные или параллельно-последовательные схемы функционирования, с учётом стохастических событий и их влияния на системы и процессы. Модельное проектирование позволит осуществить детальный анализ спроектированных вариантов операционной и маршрутной структур и влияния различных факторов на производительность, коэффициент загрузки и другие экономические показатели, необходимые для принятия управленческих решений, с учётом технологических рисков цифровой экономики [2].

Одним из направлений цифровизации организаций молочной отрасли является автоматизация рабочих мест. В связи с этим в результате регулирующего воздействия (лизинг,

дотации, ссуда, инвестиции, льготы и т. д.) стимулируется изменение бизнес-процессов и переход от ручного труда к автоматизированному. Например, для автоматизации универсального технологического процесса производства молока (рис. 1а) устанавливают аппараты машинного доения. Такое регулирующее воздействие приведёт к следующей трансформации рабочего места (рис. 1б):

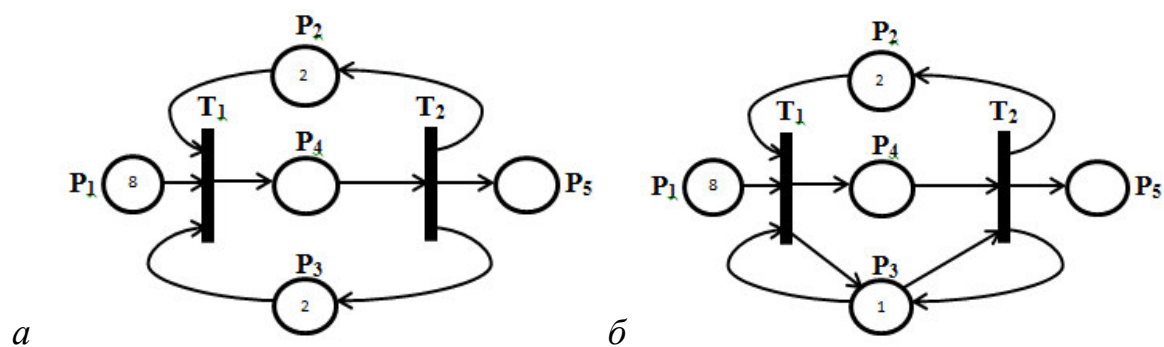


Рис. 1. Граф сети Петри универсального (а) и автоматизированного (б) рабочего места

На рис. 1 приведены технологические операции начала (T_1) и завершения (T_2) процессов производства молока в ручном (а) и автоматизированном (б) режимах работы. Для начала операции (T_1) необходимо наличие коров (P_1), инвентаря (P_2) и операторов (P_3), т. е. в этих позициях должны быть метки ($P_1 > 0$, $P_2 > 0$, $P_3 > 0$). Для операции (T_2) требуется завершение производства молока (P_4), а для автоматизированного режима ещё и наличие свободных операторов в позиции (P_3). После выполнения операции (T_2) готовую продукцию помещают в накопитель (P_5).

В результате автоматизации (рис. 1б) оператор не сопровождает технологический процесс производства молока, а лишь осуществляет операции установки доильного аппарата перед дойкой и снятия его после дойки, что значительно уменьшает трудозатраты вдвое и сокращает персонал данного рабочего места (число меток в позиции P_3). Кроме того, машинная дойка более производительна, чем ручная. К недостаткам следует отнести повышение социальных рисков цифровой экономики [2], в частности, безработицы, которая оказывает негативный социальный эффект. Прежде всего это социальные и психологические риски, связанные с трудовыми доходами, и особенно риск безработицы. Причём риски, связанные с трудовыми доходами, в цифровой экономике подвержены стремительным динамическим изменениям [3].

Однако мировая практика показала, что автоматизация и роботизация способствуют росту производительности труда и эффективности работы предприятия. В частности, во время машинной дойки оператор осуществляет другие виды работ либо параллельно с автоматизированной проводит ещё и технологическую операцию производства молока в ручном режиме (рис. 2а).

На рис. 2а приведена комбинация операций: P_4 – автоматизированной и P_6 – ручной дойки коров, а также начала (T_1) и завершения (T_2) технологических процессов автоматизированного производства молока; начала (T_3) и завершения (T_4) процессов ручной дойки.

Другим видом работы выступает помещение продукта (молока) в средства транспортировки (рис. 2б).

На рис. 2б добавлены: позиции: P_6 – ёмкости под продукцию для транспортировки в режиме ожидания; P_7 – ёмкости для транспортировки в режиме заполнения; P_9 – ёмкости, готовые для транспортировки, а также начала (T_3) и завершения (T_4) процесса подготовки ёмкостей для транспортировки.

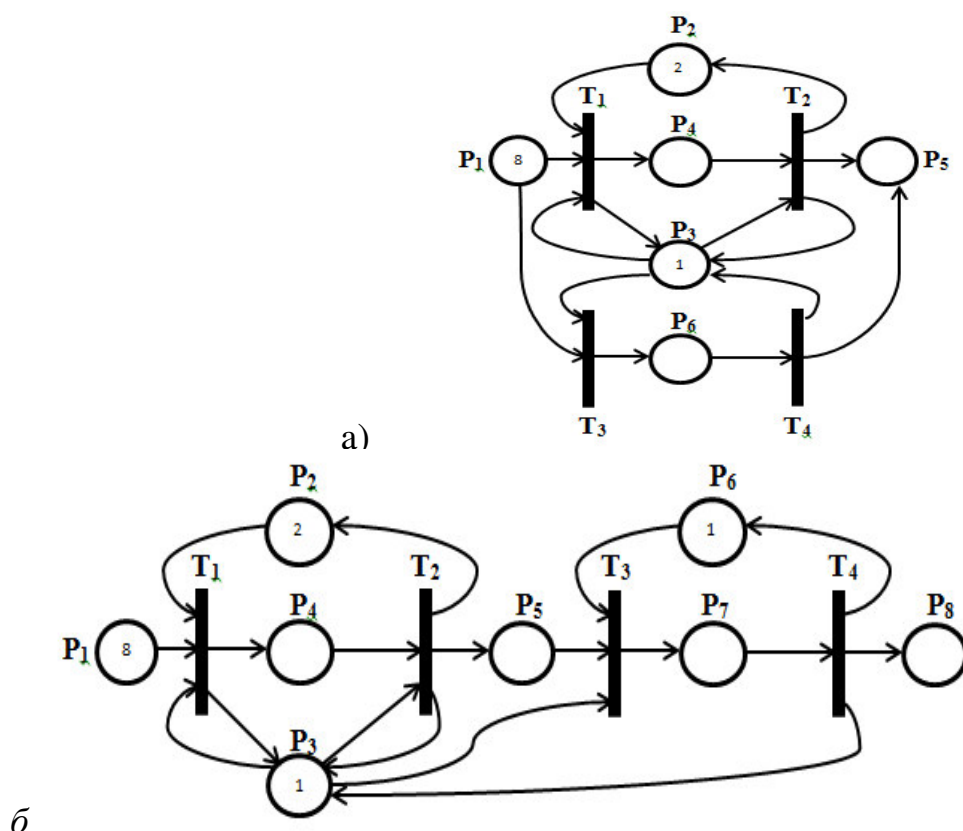


Рис. 2. Граф сети Петри комбинированного рабочего места при параллельной (а) и последовательной (б) схемах работы

Анализ рис. 2 показал, что может возникнуть ситуация, когда процесс будет протекать нерационально, т. к. существует возможность запуска перехода ручной дойки T_3 раньше, чем перехода автоматизированной T_1 (рис. 2). В таком случае оператор, сопровождая процесс ручной дойки, не сможет запустить процесс автоматизированного производства молока. Для исключения такого варианта необходимо провести корректировку исходной сети Петри и добавить приоритеты переходов. Приоритетная сеть Петри – это стандартная сеть Петри, каждому переходу T которой поставлено в соответствие некоторое число Prt , называемое приоритетом данного перехода. Приоритет используется для разрешения конфликтных ситуаций. Например, для двух переходов T_1 и T_3 , конфликтующих из-за некоторого общего ресурса в позиции P_3 , преимущество отдаётся тому, у которого больший приоритет. В частности, если все переходы данной сети имеют разные приоритеты, то конфликтов в такой сети вообще не будет. Допускается определение приоритетов только для потенциально конфликтных переходов. Устанавливаем следующие правила приоритетности:

- автоматизированные операции должны иметь более высокий приоритет, чем универсальные (ручные);
- разгрузочные (конечные) операции должны иметь более высокий приоритет, чем загрузочные (начальные).

Таким образом, есть возможность избежать конфликта в сети путём установки приоритетов (цифр в круглых скобках) по переходам (рис. 3).

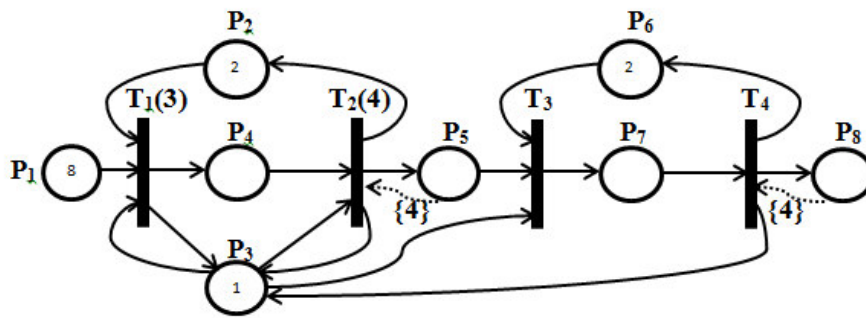


Рис. 3. Граф сети Петри с приоритетами и задерживающими стрелками

Из рис. 3 следует, что в первую очередь будет выполнять переход T_2 из всех возможных в момент времени запуска переходов, т. к. у него самый высокий приоритет. Переходу T_4 приоритет можно не назначать, т. к. он будет выполняться всегда, чтобы освободить оператора, а без оператора запуск других переходов невозможен.

Кроме того, следует отметить, что в реальных организациях существуют некоторые ограничения на протекание тех или иных процессов. Например, накопители продукции имеют определённый размер ёмкости. Для введения таких ограничений в сетях Петри применяют задерживающие (ингибиторные) стрелки (рис. 3). В ингибиторных сетях Петри к стандартным связям, ведущим из позиций в переходы, добавляется специальный вид ингибиторных (задерживающих) стрелок. Такая стрелка, при наличии в соответствующей позиции меток больше заданных в ограничении, препятствует активации соответствующего перехода. Поэтому такой переход будет активизирован, когда в данной позиции число меток будет меньше, чем задано в ограничении. Таким образом, задерживающие стрелки позволяют выполнять проверку на количество меток в заданной позиции.

Анализ рис. 1–3 показал, что накопитель готовой продукции (ёмкость надоенного молока) P_5 не беспределен и, допустим, ограничен размером надоенного молока от 4 коров. Так как для последующих партий молока требуется его освободить или установить следующий, то необходимо ограничить переход T_2 задерживающей стрелкой из позиции P_5 .

На рис. 3 задерживающие стрелки показаны точечными векторами с величинами ограничений, заключённых в фигурные скобки.

Функционирование организаций происходит в динамике, поэтому в аппарате сетей Петри целесообразно ввести временные задержки (рис. 1–3), «которые могут быть осуществлены путём рассмотрения временных задержек маркеров в позициях и учёта времени срабатывания разрешённых переходов. Такие задержки позволяют представить динамический характер изменения условий и процессуальный аспект использования ресурсов при функционировании моделируемых систем» [1]. Длительность протекания операций (задержки) носит стохастический характер (рис. 1–3), т. е. характеризуется случайными величинами. Как все случайные величины задержки оценивают математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением.

Кроме того, не только длительность, но и события носят стохастический характер нечёткости (рис. 1–3), т. е. являются случайными величинами. Например, существует вероятность выхода из строя инвентаря или оператора, которые могут нарушить нормальный ход протекания процессов и работы организации в целом. В стохастических сетях Петри существует возможность введения вероятностей отказа инвентаря и операторов. Также случайный характер носят задержки на восстановление работоспособности системы и протекающих в ней процессов.

В сетях Петри задержки можно определять в виде функций от нескольких аргументов. Аргументами выступает число меток в позициях, состояние переходов, ограничения, приоритеты, очереди и т. д. При моделировании технологических процессов, протекающих в организациях молочной отрасли, используется множество динамических объектов различных типов, и для каждого из них необходимы оригинальные алгоритмы поведения в сети. Для решения этой проблемы целесообразно, чтобы каждая метка имела хотя бы один параметр, обозначающий тип маркера. Такие параметры обычно различают цветностью. Цветность меток выступает как аргумент в функциональных сетях. Такую функциональную сеть принято называть цветной [4].

Анализ рис. 3 показывает, что в позициях P_1 (число коров), P_5 (количество готовой продукции – молока), P_8 (упакованная продукция; молоко, разлитое по бидонам) – разные объекты, имеющие различные единицы измерения продукции, которые в сетях Петри целесообразно различать метками разного цвета. Цветные сети Петри (рис. 4) позволяют присваивать меткам индивидуальные значения (цвет), которые предоставляют возможность отличать одни метки от других. Значения меток – простые или сложные. Переход в цветных сетях Петри (рис. 4) определяет соотношения между значениями входных и выходных меток. Например, чтобы заполнить один бидон молока ёмкостью 25 л, достаточно удоя от 4-х коров. Используя свойство кратности графов, это можно представить в виде 4-х входящих связей из позиции P_5 и одной выходящей в позицию P_7 для перехода T_3 (рис. 4).

Как показано на рис. 4, входным связям перехода T_3 приписывается предусловие, которое определяет, сколько меток, с какими значениями поглощает данный переход. Выходная связь перехода T_3 определяет (с помощью выражений) число меток, которые будут помещены в соответствующие позиции. Граф на рис. 4 при помощи цветных меток позволяет моделировать процесс преобразования заготовок (коров) в полуфабрикат (молоко) в результате первой технологической операции (дойки коров), а в результате второй технологической операции (заполнение бидонов молоком) – в продукцию (бидоны, заполненные молоком).

На этих операциях процесс не завершается. Необходимы предварительная операция по обслуживанию (уходу за коровами и помещением) и реализация готовой продукции (молока, разлитого по бидонам). Предварительная операция по обслуживанию предполагает затраты времени оператора на поддержание помещения с учётом санитарных норм, а также кормление животных. Реализация готовой продукции имеет несколько различных вариантов: продажа молока заготовителю, переработчику, доставка в торговые точки или самостоятельная реализация на рынке или в других местах. Кроме того, в некоторых хозяйствах возможна самостоятельная переработка молока в молочную продукцию (сметану, творог, масло, йогурт и др.), с последующей реализацией более технологичных и, следовательно, более дорогостоящих продуктов. Этот процесс увеличивает разнообразие (цветность) меток в сети Петри. С учётом вышесказанного граф можно преобразовать в имитационную модель личного подсобного хозяйства (ЛПХ) по производству и реализации молочной продукции (рис. 4).

На рис. 4 показан инвентарь, необходимый для поддержания помещения с учётом санитарных норм, а также кормления животных, в позициях P_9 – в режиме ожидания, P_{10} – в режиме работы. Позиция P_{11} представляет собой ёмкость (склад, помещение) с кормом для коров. Переходы характеризуют операции начала (T_6) и завершения (T_5) технологической операции по поддержанию помещения с учётом санитарных норм и кормлению животных.

Реализация готовой продукции осуществляется через торговые точки (заготовителей, торговые организации, рынок и т. п.) в позициях P_{13} – в режиме ожидания, P_{14} – в режиме работы. Переходы характеризуют операции начала (T_8) и завершения (T_7) технологической операции по реализации готовой продукции. В накопитель (расчётный счет, кошелёк) позиции P_{12} помещаются результаты в виде дохода (наличных и безналичных денежных средств) от операции реализации продукции.

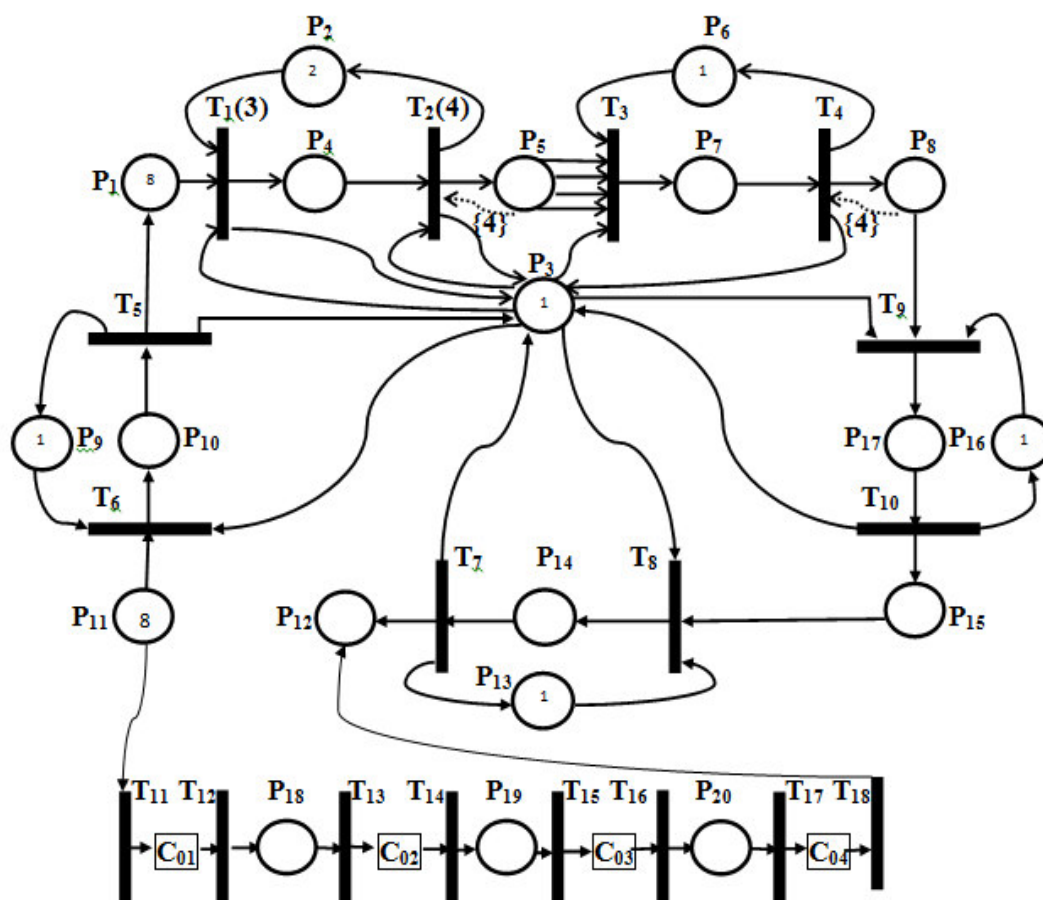


Рис. 4. Иерархическая 3-уровневая имитационная модель организации по производству, переработке и реализации молока

Самостоятельная переработка молока в молочную продукцию осуществляется с помощью специального оборудования и инструментов в позициях P_{16} – в режиме ожидания, P_{17} – в режиме работы. Переходы характеризуют операции начала (T_9) и завершения (T_{10}) технологической операции по переработке молока в молочную продукцию. В накопитель (тара для продукции) позиции P_{15} помещают готовую для реализации продукцию (сметана, творог, масло, йогурт и др.). Если хозяйство не занимается переработкой молока в молочную продукцию, то из имитационной модели исключают позиции P_{16} , P_{17} и переходы T_9 и завершения T_{10} , показанные на рис. 4.

Имитационные модели, приведённые на рис. 1–4, представляют собой модули (кирпичики), из которых строят имитационную модель организаций молочной отрасли любого уровня сложности, которые могут состоять всего из одного модуля (рис. 1–3). Однако если в хозяйстве не один, а несколько операторов (людей, роботов, манипуляторов), причём каждый из них имеет свою специализацию, то таких модулей может быть несколько, например 4 (рис. 4).

На рис. 5 приведена 2-уровневая имитационная модель как составная часть 3-уровневой по производству и реализации молока. Верхний уровень включает 4 модуля нижнего уровня, реализующих технологические операции:

- C_{01} – по поддержанию помещения с учётом санитарных норм и кормлению животных, обслуживает оператор P_{16} ;
- C_{02} – доения коров, обслуживает оператор P ;

C_{03} – подготовки ёмкостей для транспортировки P_{18} ;

C_{04} – реализации продукции P_{17} .

Из рис. 5 следует, что в иерархической сети отражена 2-уровневая структура, в которую включены 4 сети нижестоящего уровня. В этом случае сети нижестоящего уровня рассматриваются как предопределённые процессы (подсистемы) и, следовательно, можно реализовывать процесс моделирования различных многоуровневых (иерархических) систем любой глубины вложенности.

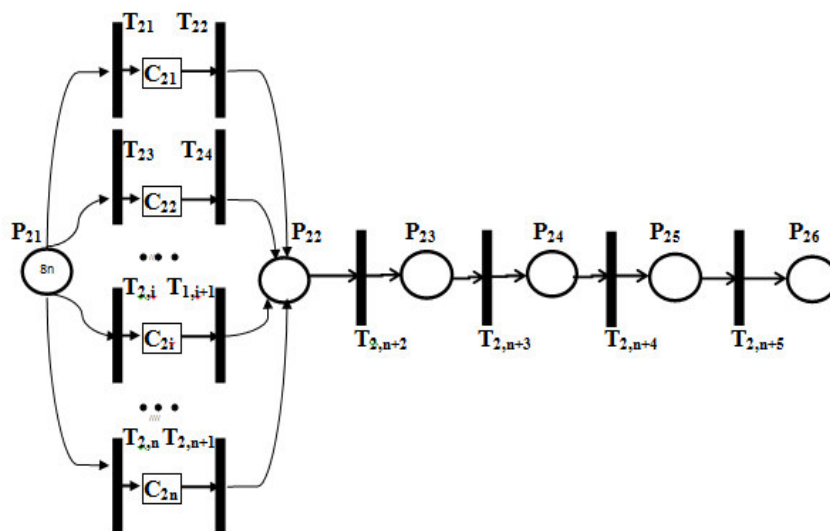


Рис. 5. Иерархическая имитационная модель СХК с помощью WF-сетей организации по производству, переработке и реализации молока

Особенность иерархических сетей Петри – два типа переходов: простые и составные. Простой переход аналогичен исследованным ранее, а составной переход включает сети Петри нижележащих уровней.

Синтез сетей Петри более высокого уровня осуществляется за счёт включения в них модулей и сетей более низкого уровня. В качестве примера можно привести сельскохозяйственную кооперацию (СХК), объединяющую на добровольной основе несколько ЛПХ. Пример такой кооперации ЛПХ, состоящего из модуля и ЛПХ в виде иерархической сети, включающей 4 модуля, показан на рис. 4.

В большинстве случаев кооперативы состоят из большого числа членов n , поэтому их имитационные модели целесообразно строить, используя свойство вложенности сетей. На рис. 5 показана иерархическая имитационная модель СХК, состоящая из параллельно функционирующих n модулей ЛПХ, каждый из которых может представлять собой простую или составную иерархическую сеть Петри любой степени вложенности.

Из рис. 5 видно, «что процесс перехода на иерархические сети Петри основывается на правиле, что любые позиции и любые переходы могут включать в себя сети Петри» [4, с. 171], имитирующие маршруты технологических процессов с простейшими моделями, находящимися в соответствующей вершине сети. Общим видом деятельности для ЛПХ, входящего в СХК, может быть, например, запуск поточной линии по розливу молока в тару, т. к. это более технологичный продукт, который имеет большую стоимость. Моделирование потоков работ в Workflow-системах при помощи WF-сетей Петри, или сетей потоков работ, приведено на рис. 5 (позиции от P_{22} до P_{26}).

Основные свойства WF-сетей Петри (рис. 6), применяются для проверки сети потоков работ на бездефектность. Бездефектность характеризуется отсутствием структурных конфликтов в виде тупиков и недостатков синхронизации [5].

Ограниченность	<ul style="list-style-type: none"> • Существует только одна исходная позиция P_{22} WF-сетей, такая что отсутствуют переходы входящие в P_{22}. • Существует только одна конечная позиция o, такая что отсутствуют переходы выходящие из P_{26}. • Каждый узел данной сети расположен на пути от P_{22} к P_{26}.
Бездефектность	<ul style="list-style-type: none"> • Для любой маркировки, достижимой из начального состояния, существует последовательность срабатываний, переводящая маркировку в заключительное состояние. • Состояние является единственным состоянием, которое достижимо из состояния и содержит хотя бы одну метку в позиции. • В WF-сети нет тупиковых, т.е. никогда не срабатывающих, переходов.

Рис. 6. Перечень основных свойств WF-сетей

Классификация часто применяемых комбинированных сетей, которые зависят от предшествующих сетей, наследниками которых они являются, приведена на рис. 7.

Временные цветные	<ul style="list-style-type: none"> • когда необходимо моделировать изменение состояния объекта во времени, который обладает рядом характеристик, не являющихся дискретными величинами..
Иерархические цветные	<ul style="list-style-type: none"> • когда моделируемая система состоит из большого количества частей, связанных между собой отношениями подчинения.
Иерархические временные цветные	<ul style="list-style-type: none"> • позволяют моделировать любой произвольный объект или систему любой сложности, в чем состоит их основное преимущество.
Нечеткие иерархические временные цветные	<ul style="list-style-type: none"> • моделировать любой произвольный объект, но они значительно эффективнее предыдущего вида при работе с объектами, не поддающимися строгой формализации.
Иннодиверсификационные	<ul style="list-style-type: none"> • моделировать любой произвольный объект в любой сфере, включающие: • временные стохастические нечеткие цветные функциональные иерархические сети; • с дополнениями приоритетных ингибиторных WF-сетей.

Рис. 7. Назначение комбинированных сетей

Особый интерес для имитационного моделирования функционирования организаций молочной отрасли представляет расширение интерпретированных нечётких иерархических временных цветных сетей Петри [6] в комбинации с стохастическими функциональными и некоторого дополнения приоритетными ингибиторными WF-сетями, названными нами иннодиверсификационными.

Иннодиверсификационные сети обладают следующими преимуществами:

- простотой описания сетями Петри функционирования организаций верхнего уровня;
- простотой построения сетями Петри моделирующих технологических процессов, которые протекают в организациях нижележащих уровней или их структурных подразделениях;

– возможностями увеличения эффективности функционирования иннодиверсификационных сетей за счёт применения свойств многоуровневости организаций и их структурных подразделений;

– метки иннодиверсификационных сетей включают передаваемые и преобразуемые данные различных типов;

– перемещением меток по иннодиверсификационной сети имитируется передача данных по технологическим процессам, протекающим в организациях, и их трансформацию. Приписывание меткам информации о технологических процессах, протекающих в организациях, позволяет создать многоуровневые сети, способные моделировать работу любой организации, независимо от её уровня и с учётом различных видов ограничений, приближая их к реальным условиям функционирования.

Методика проектирования по системно-иннодиверсификационному подходу реализуется присвоением позициям и переходам высшего уровня вложенных сетей Петри нижних уровней, которые описывают действия, реализуемые с помощью соответствующих элементов [7]. На рис. 5 показаны имитационные модели СПХ в виде иерархических сетей Петри, состоящие из трёх уровней. Следует подчеркнуть, что число уровней иерархических сетей Петри может возрасти при переходе к организациям более высокого уровня (районного или регионального масштаба). Рост числа уровней сетей Петри повышает адекватность моделирования и точность моделей. Применение иннодиверсификационных сетей Петри позволяет преодолеть недостатки других видов сетей Петри [7].

Для построения имитационной модели региона (НСО) целесообразно применить комбинированный (с промежуточного уровня) метод проектирования (рис. 8). Так, субъекты Федерации являются промежуточным звеном в системе управления; главная цель – повышение эффективности деятельности федеральных органов государственной власти и совершенствование системы контроля за исполнением их решений, в т. ч. и регулированием процесса трансформации в цифровую экономику.

На рис. 9 показана иннодиверсификационная сеть Петри ($C_{2,i}$) организаций АПК регионального уровня (НСО), которая включает иннодиверсификационные сети Петри организаций АПК районов ($C_{2,1}$ – $C_{2,29}$). Имитационная модель НСО представляет собой подсеть иннодиверсификационной сети Петри Сибири.

Анализа (сверху вниз)	<ul style="list-style-type: none"> • сначала разрабатывается самый высокий уровень (государственный); • затем уровень, находящийся под ним (региональный), • и т. д., пока не будет достигнут уровень, который может быть интерпретирован отдельным модулем.
Синтеза (снизу вверх)	<ul style="list-style-type: none"> • первым разрабатывается уровень модулей, наиболее близкий к элементарному рабочему месту; • затем уровень, примыкающий к нему сверху (ЛПХ, КФХ, участок, кооператив); • и т. д., до тех пор, пока не будет достигнут самый высокий уровень (государственный).
Комбинированный (с промежуточного уровня)	<ul style="list-style-type: none"> • проектирование начинается с одного из промежуточных уровней; • затем процесс разработки распространяется одновременно вверх и вниз.

Рис. 8. Методы проектирования многоуровневых имитационных моделей

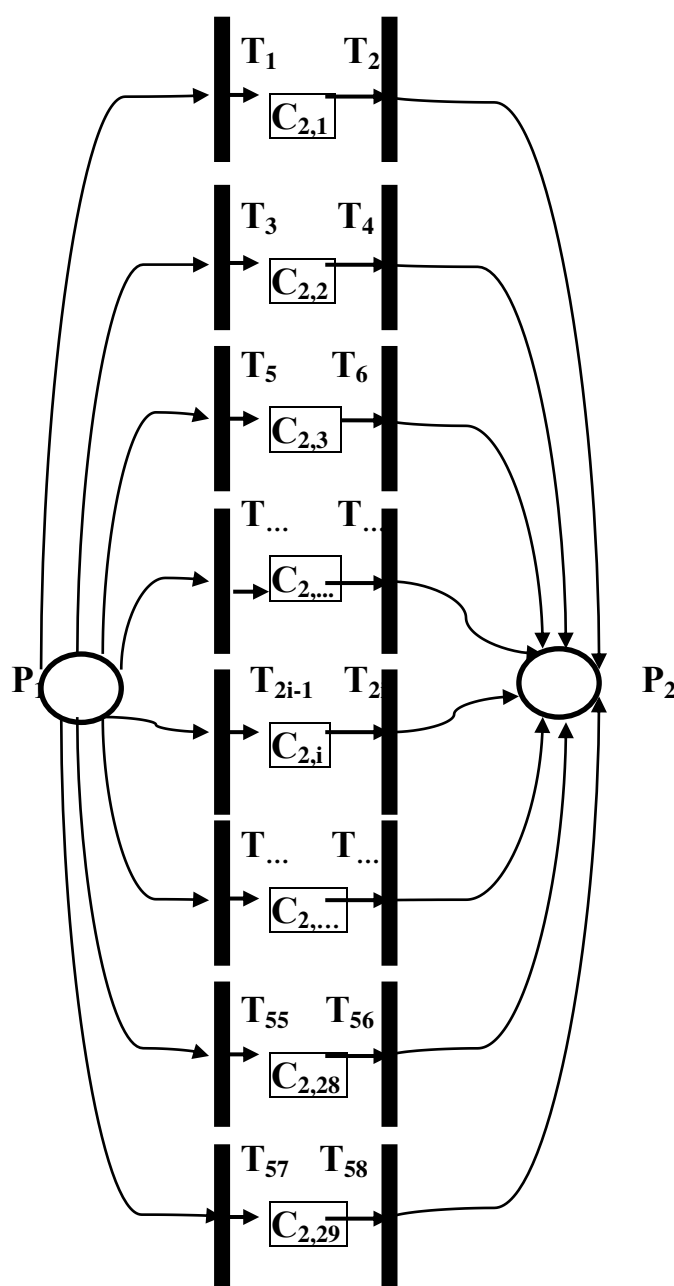


Рис. 9. Иннодиверсификационная сеть Петри организаций АПК регионального уровня (НСО)

Региональный уровень определяет перспективы развития АПК, создаёт законодательную базу для отношений субъект Федерации – субъект хозяйствования; орган местного самоуправления – субъект хозяйствования, субъект хозяйствования – наёмный работник.

Следующим шагом методики разработки имитационной модели является направление проектирования вниз от уровня регионов к районному уровню (рис. 10). В результате формируются иннодиверсификационные сети Петри организаций АПК уровня районов. Пример такой модели для районов приведён на рис. 10.

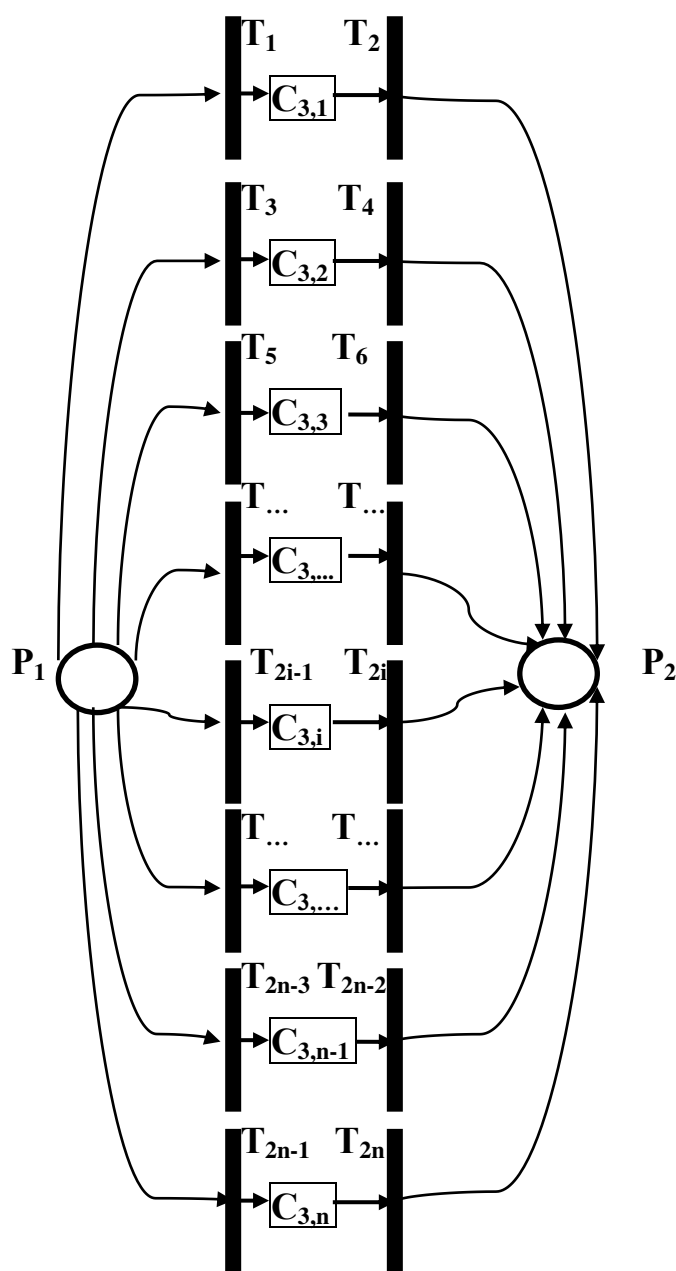


Рис. 10. Иннодиверсификационная сеть Петри организаций АПК районного уровня

На рис. 10 показана иннодиверсификационная сеть Петри ($C_{1,7}$) организаций АПК района, которая включает иннодиверсификационные сети Петри организаций АПК района ($C_{3,1} \dots C_{2,n}$), входящих в него. Аналогично строят имитационные модели и других регионов в соответствии с количеством входящих в них районов. Имитационные модели организаций АПК, включая молочную отрасль, бывают как одноуровневые, в частности ЛПХ и КФХ (рис. 1–3), так и многоуровневые КФХ и СХО (рис. 4–5).

Проблемы эффективного регулирования процессами в молочной отрасли остаются наиболее актуальными. Одна из проблем – отсутствие эффективной информационно-технологической технологии по имитационному моделированию этих процессов. Для достижения поставленной цели предложено применять имитационное моделирование на осно-

ве теории сетей Петри. Методологическая база исследования включает не только формальную теорию сетей Петри, но и теорию её практического применения. Продемонстрированы основные этапы эволюции простой сети Петри до иннодиверсификационной, которая предложена для имитационного моделирования технологических процессов и систем организаций молочной отрасли. Особенностью иннодиверсификационной сети Петри является сочетание комбинаций совокупности известных видов сетей Петри и использование их преимуществ для решения частных задач. Установлено, что инструменты иннодиверсификационных сетей Петри эффективны для моделирования организаций молочной отрасли регионального, районного уровней, а также отдельных организаций.

На основании вышеизложенного следует отметить, что инструменты иннодиверсификационных сетей Петри могут быть эффективно применены для моделирования организаций молочной отрасли любого уровня. Задача определения параметров организаций молочной отрасли с учётом различного вида приоритетов может быть получена с использованием имитационного моделирования на основе иннодиверсификационных сетей Петри. Следует рассмотреть возможность апробации построения имитационных моделей для организаций молочной отрасли на основании дополнительных цифровых моделей.

Необходимо определить организационно-экономический механизм совершенствования системы цифровизации государственного регулирования молочной отрасли на основании предложенных подходов.

Список литературы

1. Chernyakov M. K., Chernyakova M. M. and Akberov K. C. 2018 Simulation design of manufacturing processes and production systems / *Advances in Engineering Research B* 157, pp. 124–128.
2. Chernyakov M. K. and Chernyakova M. M. 2018 Technological Risks of the Digital Economy *Journal of Corporate Finance Research* 2018 B 1 # 4 pp 99–109. e-journal: www.cfjournal.hse.
3. Chernyakov M. K., Chernyakova M. M. and Akberov K. C. 2019 Dynamic model of social risks in the digital economy *Advances in Economics, Business and Management Research B* 81 (MTDE 2019), pp. 373–378.
4. Wang Rui, Zheng Wei, Liang, Ci and et al. 2016 An integrated hazard identification method based on the hierarchical Colored Net *Safety Science*. B 88 pp. 166–179.
5. Boubeta-Puig Juan, Diaz Gregorio, Macia Hermenegilda and et al. 2019 MEdit4CEP-CPN: An approach for complex event processing modeling by prioritized colored Petri nets *Information Systems*. B 81 pp. 267–289.
6. Zaw Win 2017 Modeling and Simulation of ISO 8583 Transaction Using Timed Colored Petri Net *International Conference on Advanced Computing and Applications (ACOMP)*, pp. 133–136.
7. Chernyakov M. K., Chernyakova M. M. and Akberov K. C. 2018 Innodiversification model of the digital economy of the agricultural sector *Advances in Social Science, Education and Humanities Research B* 240 SICNI 2018, pp. 262–267. DOI: 10.2991/sicni-18.2019.114.

© Гриценко Г. М.,
Чернякова М. М.,
Ермаков А. О., 2019