

УДК 663.25:658.5.011

Е. Ю. Лукьянова,
аспирант, Крымский гуманитарный университет (г. Ялта)

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ РОМЕ НА ВИНОДЕЛЬЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

Статья посвящена анализу подходов к моделированию бизнес-процессов системы РОМЕ для винодельческих предприятий Украины. Исследуется возможность использования методов математического аппарата, которые могут быть применены для моделирования высокого уровня формализации.

The article is devoted to analysis of POME system business-processes modeling approaches for Ukrainian vine-making enterprises and exploration of mathematical vehicle methods possibility use (which can be applied for the design of high level formalization).

Ключевые слова: моделирование, бизнес-процессы, система РОМЕ, процессно-ориентированный менеджмент.

Key words: modeling, business-processes, system, POME, process-oriented management.

ВСТУПЛЕНИЕ

В настоящее время в условиях Украины продолжается формирование современной экономики, осуществляется переход к более новым моделям и методам хозяйствования. Достаточное внимание уделяется моделированию социально-экономических процессов и проблемам применения информационных технологий в теории и практике экономики и управления. Для лучшего понимания явлений экономики, особенностей функционирования систем менеджмента, проектного управления в периоды разработки, коррекции, верификации и внедрения для решения конкретных задач формируют и используют различные модели. При формировании системы РОМЕ часто сравнивают категории и нотации, используемые в представлении динамики бизнес-процессов, для того чтобы подобрать наиболее подходящий вариант или их комбинацию для каждой ситуации. Часто в Украине специалисты, пользуясь инструментами проектирования, уделяют мало внимания подходам к моделированию систем РОМЕ, что снижает валидность разработок и их потенциальную эффективность. В связи с этим актуально изучение возможности использования различных подходов моделирования подобных систем.

Исследованиями в области процессно-ориентированного менеджмента предприятий и моделирования бизнес-процессов, исследованиями систем управления, управлением проектами занимались такие зарубежные и отечественные ученые: Т. Davenport, W. Deiters, J. Dyche, J. Evans, S. Foster, G. Gilber, V. Gruhn, W. Lindsay, M. Hammer, J. Champy, A. Smith, P. Fingar, А.И. Белоконь, В.Т. Вечеров, В.Г. Елиферов, А.В. Катернюк, А.А. Климчук, В.В. Репин, И.В. Трифионов; возможность применения методов математического аппарата для различных случаев экономического моделирования исследовали W. Aalst, G. Balbo, K. Braghetto, S. Donatelli, J. Ferreira, J. Hillston, B. Plateau, M. Ribaudou, J. Vincent. К сожалению, авторами не были раскрыты вопросы моделирования бизнес-процессов системы РОМЕ на винодельческих предприятиях. Это и сформировало цель настоящего исследования.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель данной статьи — провести анализ, дать обоснование и описать возможность выбора подходов к моделированию бизнес-процессов системы РОМЕ на винодельческих предприятиях Украины.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Бизнес-процессы, как отмечалось ранее, являются основой создания системы РОМЕ вообще и на винодельческих предприятиях Украины в частности. При ее формировании, как правило, используют построение различных видов моделей, необходимых для лучшего ее понимания в периоды разработки, совершенствования (либо реинжиниринга), верификации и внедрения.

Формирование системы РОМЕ без предварительного создания модели считается непрофессиональным; даже если предположить, что такое действие состоится, то это в обязательном порядке приведет к потере времени, нерациональной трате средств, разнообразным ошибкам и искажениям реальной ситуации.

Создание системы РОМЕ на основе неверно составленной модели, неадекватно отражающей состояние бизнес-процессов предприятия, также вызывает негативные последствия, равно как и мнение о том, что можно произвести частичное улучшение системы и остановиться на достигнутом, вместо того, чтобы продолжить дальнейшее ее поэтапное совершенствование. Ошибочно и мнение о том, что, создавая систему РОМЕ на винодельческих предприятиях Украины, можно построить ее на основе бизнес-процессов, построенных "от функций различных отделов", а не "от цепочки создания ценности".

Приведенные утверждения обязательно должны учесть разработчик системы РОМЕ, о них должен знать и ее заказчик, для которого РОМЕ — товар, который он желает приобрести для благополучия и успеха своей фирмы. Этот товар обладает определенными нужными именно данному потребителю специфическими потребительскими свойствами. И перед тем, как увидеть товар и его приобрести, клиент желает увидеть образ того, за что готов заплатить, т.е. модель планирующейся к внедрению системы РОМЕ винодельческого предприятия, которая, помимо всего прочего, должна быть понятной и удобной для чтения и представления существующего ("AS-IS") и будущего ("TO-BE") процессно-ориентированного видения, работы и управления предприятием.

По отношению к системе РОМЕ модель может рассматриваться, как образец, план, представление и т.д., или описание, разрабатываемое для того, чтобы показать главный объект или работы объекта, системы или понятия [1]. В свою очередь, модель бизнеса может быть определена как структура, выражающая логику бизнеса фирмы, рационально описывающая то, как организация формирует цепочку создания стоимости (value chain) в экономической, общественной или других формах. Такая модель часто используется для формализованных и неформализованных описаний, чтобы отобразить ключевые аспекты бизнеса, включая цель, предложения, стратегии, инфраструктуру, организационные структуры, трейдинговые методы, бизнес-процессы и политику фирмы [9].

Моделирование бизнес-процессов (BPM) — это деятельность по наглядному представлению процессов предприятия таким образом, что текущий процесс может анализироваться и улучшаться в дальнейшем [6]. Т.е. для того, чтобы улучшить эффективность деятельности организаций винодельческой сферы, необходимо понимать, как работают бизнес-процессы в них и как они могли бы быть оптимизированы. Для этого следует создать их модель.

Существует несколько основных подходов к моделированию бизнес-процессов и системы РОМЕ для дальнейшей работы с ними. Три таких наиболее известных метода математического аппарата, которые могут быть использованы для моделирования высокого уровня формализации, — обобщенные стохастические сети Петри (GSPN — Generalized Stochastic Petri Nets) [2; 3; 7; 10], алгебра процесса производительной оценки (PEPA — Performance Evaluation Process Algebra) [5; 7], стохастические автоматические сети (Stochastic Automata Networks — SAN) [4; 8]. Однако, исходя из критерия осуществимости подходов относительно перспективы моделирования бизнес-процессов системы РОМЕ винодельческого предприятия, как, например, выразительной силы, легкости моделирования и чтения моделей, эффективности их инструментальных программных средств поддержки, каждая из них имеет свои достоинства и недостатки.

При моделировании бизнес-процессов РОМЕ-системы сети Петри представляются в виде двудольного ориентированного графа, состоящего из вершин двух типов — событий и переходов, соединённых между собой дугами, причем вершины одного типа не могут быть соединены непосредственно. В событиях могут размещаться метки (маркеры), способные перемещаться по сети. Стохастические сети Петри (SPN) — это временные переходы с мгновенным срабатыванием перемещения, при котором переход, включающий временные задержки, является экспоненциально распределенной случайной переменной: каждое перемещение t_i связано со случайной задержкой наступления вероятности функции плотности и является негативной экспоненциальной переменной с нормой w_i . В реальности SPN предполагает принятие выполнения быстрых исключительных переходов, когда многообразные перемещения одновременно разрешаются, а перемещение со статистически минимальной задержкой к событию выбрано.

Обобщенные стохастические сети Петри (GSPN) расширяют мощность моделирования SPN путем ввода двух видов перемещений: мгновенные переходы (событие в нуле) и временные переходы (событие после случайного перехода, экспоненциально распределенное, в заданное время) [3]. Мгновенные переходы имеют приоритет над временными переходами. Если только один мгновенный переход разрешен, он приводит к следующему обозначенному событию. Когда мгновенные

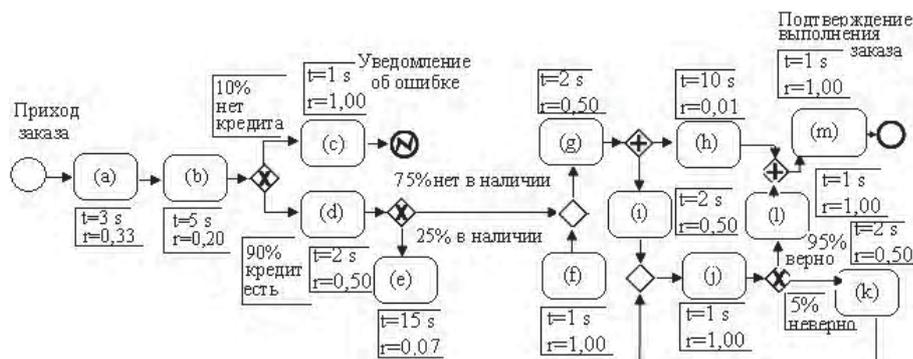


Рис. 1. Типовой бизнес-процесс "Обработка заказа" винодельческого предприятия (модель BPMN)

Обозначения, используемые в данной модели BPMN:

[Activity Name]	Обозначение действия события
○ ○ ○	Начало события, Окончание события, Завершение события в случае ошибки
◇ ◇	Исключительное решение, Инклюзивное решение
⊕	Параллельный переход
◇ ◇	Простой переход, Комплексный переход
[text]	Аннотация (описание)

(a) — поступление заказа; (b) — проверка кредита; (c) — уведомление потребителя; (d) — проверка наличия товара; (e) — проверка срока следующей поставки; (f) — уведомление о времени следующей поставки; (g) — передача заказа на склад; (h) — запрос накладной; (i) — проверка данных; (l) — отправка накладной; (k) — проверка правильности данных; (m) — отправка подтверждения заказа.

переходы разрешены, то необходимо использовать измеритель для установления перехода, который приведет к последующему событию. Если разрешенные переходы совпадают, то они могут произойти в любом порядке, но они будут конфликтующими, тогда будет уместным указать, к какому событию следует осуществить переход. По этой причине GSPN ассоциирует веса вероятности с мгновенными переходами, принадлежащими к одному и тому же событию в состоянии конфликта.

Например, для базовой структуры бизнес-процесса "Обработка заказа" на винодельческом предприятии (нотация моделирования бизнес-процесса в графической репрезентации BPMN-стандарта приведена на рис. 1, GSPN-модель будет иметь вид, как представлено на рис. 2).

Процесс начинается с приема и предобработки нового заказа клиента винодельческого предприятия. После того, как проверяется кредит клиента, если некоторая проблема найдена, клиент получает уведомление об ошибке и обработка заказа прерывается. В остальных случаях, проверяется наличие заказанного товара. В случае отсутствия заказанного товара время доставки пересчитывается, о чем производится извещение. После пересылки запроса о товаре на склад, запрашивается доставка (отгрузка) заказа, в то же время формируется накладная. Формирование накладной состоит из такой последовательности: запрос накладной, проверка и обновление данных; если

данные правильные, после завершения запроса доставки и формирования накладной заказа происходит пересылка подтверждения заказа клиенту. Для каждого действия, которое входит в модель, вводится примечание, указывающее его среднюю продолжительность выполнения $t_{(act)}$ и норму выполнения $r_{(act)}$ (эквивалентную $1/t_{(act)}$), если исходить из того, что продолжительность выполнения действия — это экспоненциально распределенная переменная нормы $r_{(act)}$. На рис. 1 есть примечания, указывающие вероятности перехода к ветвлениям решений. Предполагается, что нормы выполнения условно постоянны, они не изменяются в функции числа действий в выполнении через представленное время.

Действие "Передача заказа на склад" винодельческого предприятия является меткой события, начинающей параллельное ветвление модели "Обработка заказа". В моде-

ли GSPN (рис. 2) это может означать запуск параллельного ветвления с перемещением многих выходных событий в соответствии с числом ветвлений параллельных переходов (в данном случае переход между событиями p_{10} и p_{12}). В то же время точка синхронизации (та, которая находится перед посылкой подтверждения заказа) может быть смоделирована как переход между несколькими входными событиями, как число ветвлений, которые необходимо синхронизировать (переход m и его входные события p_{11} и p_{17}). N — начало событий, $Prob_{(a, \dots, m)}$ — вероятность наступления определенного события в связи с ходом процесса, t — время, r — соответственно норма выполнения.

Алгебра процесса производительной оценки (РЕРА) основывается на методе взаимосвязи многостадийных процессов. Она имеет два вида основных элементов: компоненты и действия. Каждый вид деятельности изображен в виде пары значений $(a; r)$, где a — тип действия и r — норма выполнения этого типа (параметр определения негативного экспоненциального распределения его продолжительности). Набор всех возможных типов действий A включает тип a , означающий внутренние действия. РЕРА имеет небольшой набор комбинаций, которые определяют конструкцию компонентов, формирующих действия и взаимодействия между ними. Значение каждого времени наступления события в РЕРА представлено через выделенную систему нескольких перемещений.

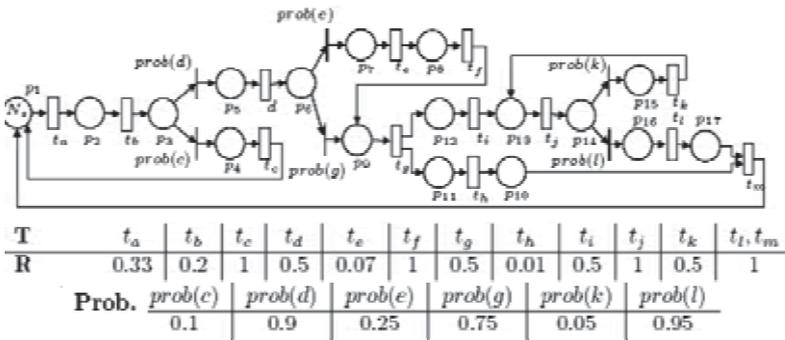


Рис. 2. GSPN-модель типового бизнес-процесса "Обработка заказа" винодельческого предприятия

Состояние соответствующих производных и дуг отображают действия, при которых одна производная переходит в другую, причем опережающим будет то событие, при переходе к которому временная задержка будет меньше. Представление параллельного перехода в модели PEPA требует более одного компонента (рис. 3). Как видно из модели относительно POOrder (вероятность приема заказа) и PInvoice (вероятность оформления накладной) эти компоненты являются составными по значениям объединения комбинаций, использующих g и m , как синхронизирующие действия — и маркированные события начала параллельного ветвления, когда позднейшие события не лимитируют окончания параллельного хода в модели. После наступления g и перед наступлением m два события будут вынуждены происходить совместно. Используемые здесь обозначения: Execution rates associated to each activity — нормы выполнения, связанные с каждым действием, Routing probabilities associated to the choices — текущие вероятности, связанные с альтернативами выбора; $Prob_{(a, \dots, m)}$ — вероятность наступления определенного события в связи с ходом процесса; num_servers (number of servers) — количество серверов, Order processing — обработка заказа; P(...) — один из соответствующих компонентов модели). Рис. 3 создан с помощью программного средства PEPA Plug-in Project, которое не дает возможности покрытия расширенной версии формализации. Поэтому функциональные зависимости не использовались для моделирования примера в PEPA.

Стохастические автоматические сети (SAN) — это техника, используемая для моделирования системы с большими пространствами состояний, введенная Plateau [10]. SAN специально приспособлена для моделирования параллельных и распределенных систем, которые могут рассматриваться как компоненты, действующие более или менее независимо, соответствуя требованиям нечастого взаимодействия (например, для синхронизации их действий или действий с использованием различных норм в зависимости от состояния частей всей системы).

Система, описанная в SAN, — это набор моделируемых подсистем N в качестве стохастическо-

го автомата $A_{(i)}$, где $1 \leq i \leq N$ и где каждый компонент, содержащий локальные события N_i , включает и переходы между ними.

Глобальное состояние SAN определяется комбинациями внутреннего состояния каждого автомата. К изменению в состоянии SAN приводят случайные события. Локальные события вызывают изменение состояний только в одном автомате (локальном перемещении), в то время как синхронизации вызывают одновременное изменение состояний более чем одним автомате (синхронизация перемещений). Перемещение (переход) маркировано (отмечено) списком событий, которые могут его запустить (триггеры).

В моделях SAN, параллельные переходы выражаются различными автоматами. Как показано на рис. 4, требуются два автомата (один для каждого ветвления параллельного хода) для того, чтобы изобразить параллельный вход "Обработки заказа" винодельческого предприятия. Синхронизация автоматов делается для событий g и m . (Event — событие; Rate — норма).

Исключительное решение может моделироваться в GSPN с помощью перемещений, которые сходятся в одном и том же входном событии. Если есть вероятность, связанная с каждым ветвлением решения, то можно использовать мгновенные переходы, чтобы логически их отобразить. На примере "Обработки заказа" винодельческого предприятия, переход между действиями "Уведомление потребителя" и "Проверка наличия товара" — это переход исключительного решения. В модели

```
// Execution rates associated to each activity
r_a = 0,33; r_b = 0,20; r_c = 1,00; r_d = 0,50;
r_e = 0,07; r_f = 1,00; r_g = 0,50; r_h = 0,01;
r_i = 0,50; r_j = 1,00; r_k = 0,50; r_l = 1,00;
r_m = 1,00;

// Routing probabilities associated to the choices
prob_c = 0,10; prob_d = 1 - prob_c;
prob_e = 0,25; prob_g = 1 - prob_e;
prob_k = 0,95; prob_l = 1 - prob_k;

num_servers = 1; // Number of servers

// Order processing
POOrder = (a,r_a).((b,prob_c*r_b).(c,r_c).POOrder +
(b,prob_d*r_b).PStock);
PStock = (d,prob_g*r_d).PFinalize +
(d,prob_e*r_d).(e,r_e).(f,r_f).PFinalize;
PFinalize = (g,r_g).(h,r_h).(m,r_m).POOrder;
PInvoice = (g,T).(i,r_i).PCheck;
PCheck = (j,prob_l*r_j).(l,r_l).(m,T).PInvoice +
(j,prob_k*r_j).(k,r_k).PCheck;

POOrder[num_servers] <g,m> PInvoice[num_servers]
```

Рис. 3. PEPA-модель типового бизнес-процесса "Обработка заказа" винодельческого предприятия

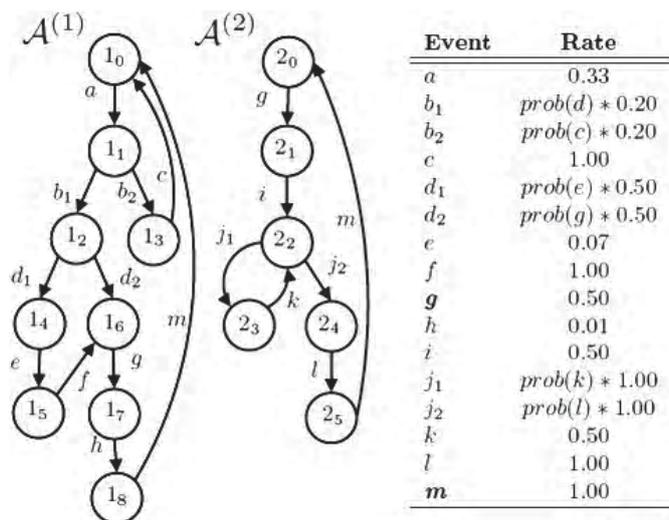


Рис. 4. SAN-модель типового бизнес-процесса "Обработка заказа" винодельческого предприятия

GSPN (рис. 2) этот выбор решений представлен в р3 в виде двух мгновенных маркированных переходов с вероятностями — $prob_{(c)}$ и $prob_{(d)}$.

Для изображения исключительного решения в РЕРА используется комбинация альтернативы выбора "+". Норма действия, которая предшествует входу решения, может быть скорректирована для покрытия вероятности каждого возможного ветвления решения, сделанного для действия *b* в комбинации POrder модели (рис. 3).

В модели SAN исключительное решение представлено состоянием с двумя или более выходными перемещениями (подобно событию 11 в автомате $A_{(1)}$ (рис. 4)).

В моделях РЕРА в условиях быстрого перехода, управляющего динамическим поведением модели, при существовании более чем одного разрешенного действия существует возможность конкретизации вероятностных ветвлений. Для выражения вероятностей, связанных с ветвлениями, осуществима привязка события к каждому перемещению, норма которого будет представлена как норма события, предшествующего точке решения, умноженная на вероятность перемещения (как сделано с перемещениями, связанными с событиями b_1 и b_2 в автомате $A_{(1)}$ (рис. 4)).

В соответствии с моделью цепи Маркова, модели, представленные на рис. 2—4, равнозначны, так как имеют одно и то же число достижимых состояний, для них существует одна и та же устойчивая вероятность распределения событий.

В модели GSPN принята семантика неопределенного сервера для срабатывания переходов: каждый разрешенный набор знаков обрабатывается по мере формирования входных событий с их временными переходами. Это последствие наступления задержки, происходящей тогда, когда все временные переходы связаны с событиями в нуле или параллельными. Исходя из этого предположения, процесс на рис. 3 моделирует многоразовые

серверы с помощью установки числа знаков N_s в p_1 с числом, большим 1.

В модели РЕРА число серверов может увеличиваться в случае появления объединения комбинаций. Например, POrder имеет два сервера в выполнении "Обработки заказа" винодельческого предприятия. В модели число серверов — это параметральная переменная *num_servers*. Следуя этой же идее, модели SAN могут выразить мульти-серверы с помощью повторяющихся автоматов *A*.

ВЫВОДЫ

В ходе анализа приведенных моделей для винодельческого предприятия можно выделить их положительные и отрицательные стороны.

Так, GSPN имеет такие позитивные аспекты:

- 1) модель может быть отображена графически с помощью знаков, которые обеспечивает ясность изображения;
- 2) представленные в модели мгновенные перемещения и использование маркирования облегчают абстракцию моделирования;
- 3) естественное срабатывание временного перехода отображает завершение действия перемещения; с другой стороны, мгновенный переход может представлять лишь текущее решение или синхронизацию;
- 4) определенные места и знаки событий разрешают более непосредственное моделирование исчисляемых ресурсов;
- 5) модели GSPN имеют ясность отображения состояний. Как следствие, индексы производительности, основывающиеся на информации конкретных состояний, могут эффективно вычисляться. К негативным аспектам относятся следующие: 1) хотя графическое изображение GSPN знаками облегчает восприятие динамического поведения модели, это обеспечивает видение лишь небольшой части структуру системы;
- 2) модели GSPN не имеют возможности для отражения декомпозиции, что затрудняет создание новой расширенной модели бизнес-процесса или ее изменения;
- 3) использование только лишь GSPN не позволяет в полной мере решить поставленную задачу.

Положительными сторонами РЕРА являются:

- 1) возможность РЕРА моделировать поведение системы с помощью сочетаний отдельных компонентов, что дает возможность проводить композиционные расчеты и использовать другие механизмы абстрагирования;
- 2) также РЕРА, базирующийся на процессах алгебры, снабжен необходимыми средствами для построения суждения о моделях; имеется возможность определения эквивалентности в терминах операционной семантики. Негативные стороны: 1) РЕРА сконцентрирован на действиях и не дает ясного представления о состояниях модели;
- 2) кроме того, отсутствует понятие мгновенных действий, этот недостаток создает трудности в моделировании дальнейших ветвлений и слияний;
- 3) наиболее удобный инструмент моделирования РЕРА — Plug-in Project, — рекомендуемый для работы с

PEPA, не осуществляет построения функциональных зависимостей.

SAN имеет такие позитивные аспекты: 1) как и GSPN, модели SAN дают ясное представление о состояниях событий и действий; 2) формализация с помощью SAN считается эффективным механизмом для абстрактного представления функциональных перемещений, позволяющим моделировать систему, используя меньшие автоматы и меньшие переходы синхронизации; 3) за счет разделения на различные автоматы, вычисления, необходимые для построения модели, производятся быстрее, для них требуется потратить меньше времени, чем для любой другой модели; 4) вид модели остается компактным, даже когда цепь Маркова, находящаяся в основе модели очень большая; 5) модели SAN подходят для структурного анализа — за счет деления общего пространства на меньшие автоматы. Негативные аспекты: 1) функциональные переходы удобны для наглядности модели, но не дают представления о времени; 2) вычисление времени для решений в модели SAN может быть чрезмерно долгим из-за использования мультипликатора; 3) модели SAN используются для автоматов, которые имеют малое взаимодействие, усиление взаимодействия между ними и увеличение синхронизации событий значительно увеличивает сложность модели.

Сравнение возможности различных подходов для формализации при формировании моделей бизнес-процессов системы РОМЕ винодельческого предприятия приведены в табл. 1.

Таким образом, после проведенного анализа подходов, которые возможно использовать для моделирования бизнес-процессов системы РОМЕ на винодельческих предприятиях Украины, исследования возможности использования методов математического аппарата, которые могут быть применены для моделирования высокого уровня формализации, можно отметить, что, исходя из вышесказанного, анализ моделей показывает, что на настоящий момент времени, к сожалению, нет ни одного универсального подхода к моделированию бизнес-процессов и моделей систем РОМЕ, все они имеют ряд указанных положительных и отрицательных моментов, требуют совершенствования. Следовательно для каждой конкретной поставленной цели формирования модели следует выбирать наиболее удобный подход или использовать их сочетание, что, однако, существенно увеличит время исследования.

Материал, изложенный в данной статье, получит свое продолжение в дальнейшем практическом исследовании формирования РОМЕ-систем винодельческих предприятий.

Материал данного исследования может быть полезен руководителям предприятий и работникам консалтинговых фирм, работающих в направлении разработки и внедрения РОМЕ-проектов, а

Таблица 1. Сравнение возможности различных подходов формализации при формировании моделей бизнеса-процесса

Критерий моделирования	GSPN	PEPA	SAN
Выразительная сила	+	-	+
Абстрагирующая способность	+	+	+
Возможность увеличения (расширения)	-	+	+
Читаемость	-	+	+

также студентам экономических и менеджерских специальностей украинских вузов.

Література:

1. A model [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.etymonline.com/index.php?search=model&searchmode=none>.
 2. Aalst W., Hofstede A., Kiepuszewski B., Barros A. Workflow patterns / W. Aalst, A. Hofstede, B. Kiepuszewski, A. Barros // Distributed and Parallel Databases. — 2003. — № 14 (1). — P.5—15.
 3. Balbo G. Introduction to generalized stochastic Petri nets / G. Balbo // SFM 2007: 7th International School on Formal Methods for the Design of Computer, Communication, and Software Systems. — 2007. — Vol. 4486 of Lecture Notes in Computer Science. — P. 83—131.
 4. Benoit A., Brenner L., Fernandes P., Plateau B. Aggregation of stochastic automata networks with replicas / A. Benoit, L. Brenner, P. Fernandes, B. Plateau // Linear Algebra and its Applications. — 2004. — № 386 (1). — P.111—136.
 5. Brenner L., Fernandes P., Sales A. The need for and the advantages of generalized tensor algebra for Kronecker structured representations / L. Brenner, P. Fernandes, A. Sales // International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology. — 2005. — № 6 (3—4). — P.52—60.
 6. Business Process Model Dіagram [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <http://www.businessballs.com/business-process-modelling-htm#BPM-example>.
 7. Donatelli S., Ribaudo M., Hillston J. A comparison of performance evaluation process algebra and generalized stochastic Petri nets / S. Donatelli, M. Ribaudo, J. Hillston // PNPM '95: 6th International Workshop on Petri Nets and Performance Models. — 1995. — P.158—168.
 8. Li Y., Lin C., Li Q. A simplified framework for stochastic workflow networks / Y. Li, C. Lin, Q. Li // Computers & Mathematics with Applications. — 2008. — № 56 (10). — P. 2700—2715.
 9. Osterwalder A., Pigneur Y., Smith A. Business Model Generation: 470 practitioners from 45 countries / A. Osterwalder, Y. Pigneur, A. Smith. — NY: Self published, 2009.
 10. Plateau B. On the stochastic structure of parallelism and synchronization models for distributed algorithms / B. Plateau // Sigmetrics Performance Evaluation Review. — 1985. — № 13 (2). — P. 147—154.
- Стаття надійшла до редакції 27.01.2010 р*