

## Формальные модели представления и организации деловых игр

# 09, сентябрь 2011

авторы: Баринов К. А., Горячкин Б. С., Иванова Л. В., Николаев А. Б.

МАДИ

[kafedra@ASU.madi.ru](mailto:kafedra@ASU.madi.ru)

### Введение

Деловая игра (ДИ), наряду с другими методами обучения, служит накоплению управленческого опыта, близкого к реальному. Игра, во-первых, достаточно реально имитирует существующую действительность; во-вторых, создает динамичные организационные модели; в-третьих, более интенсивно побуждает к решению намеченных целей. Деловые игры в области обучения управленческим навыкам направлены на получение более обширного опыта по принятию решений в учебных лабораториях. Элементы риска, вводимые в деловые игры, дают возможность принимать решения в условиях недостаточной информации и производственной напряженности, что позволяет принимать рискованные управленческие решения в моделируемых производственных ситуациях и накапливать умения и навыки управленческой деятельности без ущерба для реального производства в будущем.

### Анализ

Проведенный в работе анализ характерологических признаков ДИ позволил представить функциональную схему ДИ на рис. 1. Математические модели, описывающие технологические, организационные и другие процессы, в игровой имитации подвергаются численному исследованию и на его основе принимаются количественные решения. Применение компьютерных технологий не является необходимым условием, однако их использование способствует успешной реализации процесса имитации, обеспечивая ряд преимуществ.

Фактор времени, присутствующий и учитываемый в деловой игре, накладывает определенные условия на процесс и результаты игры. Изменение масштаба времени дает возможность сокращать до минут и часов длительность процессов, измеряемых в сутках, годах. Наличие обратной связи в имитационной системе, благодаря многократному проигрыванию различных ситуаций, позволяет играющим, анализируя результаты, обучаться и в каждом последующем периоде принимать более эффективные решения.

Использование деловой игры в учебном процессе предполагает наличие в ней дидактических методов. В педагогике уже давно успешно используются дидактические принципы наглядности, активности, доступности, связи теории с практикой, научности, заинтересованности и другие. Каждая учебная деловая игра в той или иной мере реализует эти принципы в соответствующие дидактики.

ДИ как метод обучения позволяет как бы «прожить» определенную ситуацию, изучить ее в непосредственном действии. ДИ позволяют моделировать различные производственные ситуации, проектировать способы действий в условиях предложенных моделей, демонстрировать процесс систематизации теоретических знаний по решению определенной практической проблемы.

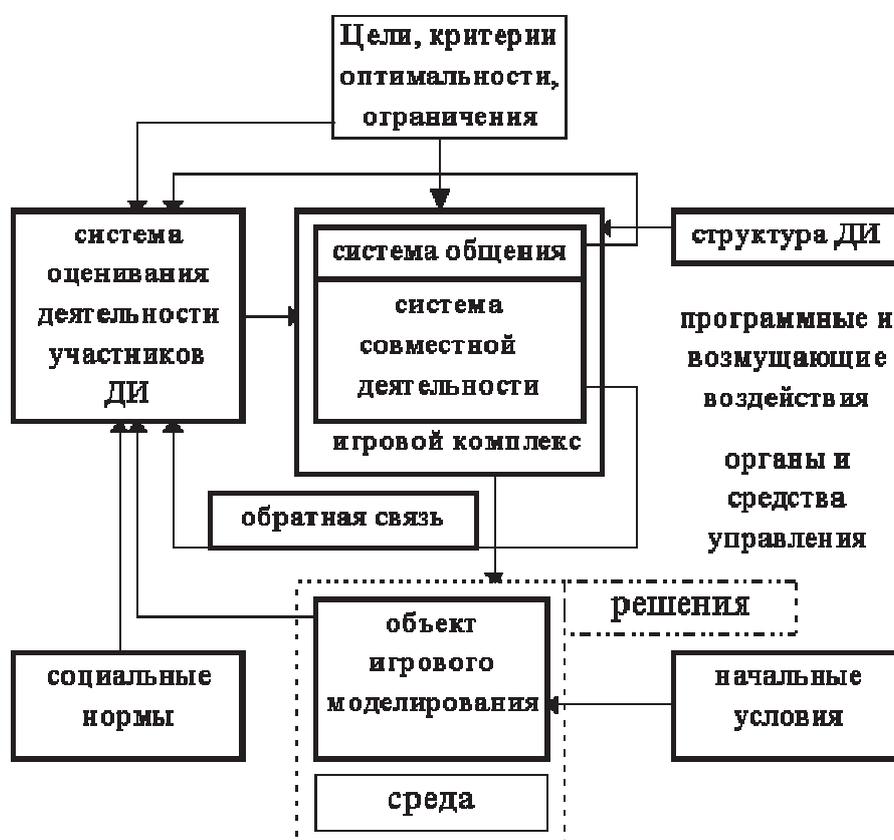


Рис. 1. Функциональная схема деловой игры

Оценивая роль ДИ в подготовке и переподготовке кадров, можно выделить следующее:

- применение в ДИ моделей реальных систем позволяет максимально приблизить процесс обучения к практической деятельности руководителей и специалистов;
- принятие управленческих решений в ДИ осуществляется ее участниками, которые выполняют определенные роли, а поскольку интересы разных ролей не всегда совпадают, то решение порой приходится принимать в условиях конфликтных ситуаций;

- проведение ДИ является коллективным методом обучения, в результате игры формируется коллективное мнение при защите мнения своей группы игроков и критики других групп;

- в ДИ специальными средствами создается определенный эмоциональный настрой игроков, помогающий активному включению обучаемых в решение изучаемой проблемы.

Часто различные функции ДИ распределяются между разными людьми. Эмоциональные лидеры могут брать на себя функции поддержки, интеллектуальные – решения задачи, лидеры-организаторы могут осуществлять обе функции. Такое структурирование группы происходит спонтанно, без специальных намерений. Для успешности игры желательна гибкая ролевая структура.

### **Использование аппарата сетей Петри при создании сценария ДИ**

На основе понятия сети сценария деловой игры, которая описывает статическую топологию моделируемого процесса или системы, вводятся динамические сетевые структуры, в которых местам приписываются специальные разметки, моделирующие выполнение условия, и с сетью связывается понятие ее функционирования, изменяющего эти условия в результате *срабатываний переходов*. К таким динамическим сетям относятся сети Петри, их различные варианты, обобщения и частные случаи. Так, сеть Петри — это набор  $N = (P, T, F, W, M_0)$ , где  $(P, T, F)$  — конечная сеть. Первая функция сопоставляет каждой дуге число  $n > 0$  (кратность дуги). Если  $n > 1$ , то в графическом представлении сети число  $n$  выписывается рядом с короткой чертой, пересекающей дугу. Такая дуга также может заменяться пучком из  $n$  дуг, соединяющих соответствующие элементы сети. Вторая функция сопоставляет каждому месту  $p \in P$  некоторое число  $M_0(p) \in N$  (разметка места). В графическом представлении сети разметка места  $p$  изображается помещением в вершину-кружок числа  $M_0(p)$  или, если это число невелико, соответствующего числа точек.

Функционирование сети Петри описывается формально с помощью множества последовательностей срабатываний переходов и множества достижимых в сети разметок. Эти понятия определяются через правила срабатывания переходов сети.

Разметка сети  $N$  — это функция  $M : P \rightarrow N$ . При моделировании ДИ предполагается, что все места сети  $N$  строго упорядочены каким-либо образом. То есть  $P = (p_1, \dots, p_n)$ , и разметку  $M$  сети (в том числе начальную) можно задать как вектор чисел  $M = (m_1, \dots, m_n)$  такой, что для любого  $i$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,  $m_i = M(p_i)$ . Если  $P' = \{p_{i_1}, \dots, p_{i_k}\}$  — подмножество мест из  $P$ , то  $M(P')$  обозначает множество разметок

$\{M(p_{i_1}), \dots, M(p_{i_k})\}$ . На основе отношения инцидентности  $F$  и функции кратности дуг  $M$  в сетях Петри вводится функция инцидентности  $F : P \times T \cup T \times P \rightarrow N$ , которая определяется как:

$$F(x, y) = \begin{cases} n, & \text{если } xFy \wedge (W(x, y) = n), \\ 0, & \text{если } \neg(xFy). \end{cases} \quad (1)$$

Если места сети упорядочены, то каждому переходу  $t$  сопоставляются два вектора  $\bullet F(t)$  и  $F^\bullet(t)$  длиной  $n$  где:

$$n = |P|,$$

$$\bullet F(t) = (b_1, \dots, b_n), \text{ где } b_i = F(p_i, t), \quad (2)$$

$$F^\bullet(t) = (b_1, \dots, b_n), \text{ где } b_i = F(t, p_i).$$

Переход  $t$  может сработать при некоторой разметке  $M$  сети  $N$ , если  $\forall p \in \bullet t : M(p) \geq F(p, t)$ , т.е. каждое входное место  $p$  перехода  $t$  имеет разметку, не меньшую, чем кратность дуги, соединяющей  $p$  и  $t$ .

Определение сети, на основе которого строятся различные классы сценариев и сети, представляющие введенные выше типы процессов, используются непосредственно для описания достижимости фрагментов сценария ДИ.

Сеть — это тройка  $(P, T, F)$ , где  $P$  — непустое множество мест,  $T$  — непустое множество переходов,  $F$  — отношение инцидентности. Для сетей выполнены следующие условия:

$$A1. P \cap T = \emptyset.$$

A2.  $(F \neq \emptyset) \wedge (\forall \chi \in P \cup T, \exists \gamma \in P \cup T; \chi F \gamma \vee \gamma F \chi)$  (любой элемент сети инцидентен хотя бы одному элементу другого типа).

$$A3. \forall p_1, p_2 \in P : (\bullet p_1 = \bullet p_2) \wedge (p_1^\bullet = p_2^\bullet) \Rightarrow (p_1 = p_2).$$

Для всех рассматриваемых ниже типов сетей, представляющих процессы, необходимы общие дополнения ограничения.

Используются следующие обозначения:

$D(x)$  — путь в сети, начинающийся элементом  $x$ , т.е. конечная или бесконечная последовательность  $\{x_1, x_2, \dots\}$  такая, что  $x = x_1$  и  $\forall i \geq 1 : x_i F x_{i+1}$ ;

$D^{-1}(x)$  — обратный путь в сети, заканчивающийся элементом  $x$ , т.е. конечная или бесконечная последовательность  $\{x_1, x_2, \dots\}$  такая, что  $x = x_1$  и  $\forall i \geq 1 : x_i F^{-1} x_{i+1}$ , где  $F^{-1}$  — обращение отношения  $F$ ;

$D(x, y)$  — отрезок пути, начинающийся элементом  $x$  и заканчивающийся элементом  $y$ ;

$D^{-1}(x, y)$  — отрезок обратного пути, заканчивающийся элементом  $x$  и начинающийся элементом  $y$ ;

$H(N)$  — множество головных мест сети, не имеющих входных переходов, т.е.

$$H(N) = \{p \mid \bullet p = \phi\}.$$

A4.  $\forall x, y \in X = P \cup T : xF^+ y \Rightarrow \neg(yF^+ x)$ , если  $x \neq y$ , т.е. отношение  $F^+$  (транзитивное замыкание отношения  $F$ ) не симметрично, сеть не содержит циклов.

A5.  $H(N) \neq \phi \wedge \forall x \in X, \forall D^{-1}(x) : D^{-1}(x)$  — конечен. Это ограничение требует, чтобы любая сеть, представляющая процесс, имела непустое множество головных мест и не содержала бесконечных путей.

A6.  $\forall t \in T : \bullet t \neq \phi \wedge t \bullet \neq \phi$ , т.е. любой переход имеет хотя бы одно входное и одно выходное место.

$$A7. \forall p \in P : M_0(p) = \begin{cases} 1, & \text{если } p \in H(N), \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Сеть сценария имеет начальную разметку, причем стандартную: только головные места содержат по одной фишке.

Для моделирования многоролевой ДИ необходимо построение сети, представляющей параллельные процессы. *Параллельная сеть* действий представляет сеть со стандартной начальной разметкой, которая наряду с перечисленными выше условиями A1-A7 удовлетворяет еще одному условию.

A8.  $\forall p \in P : \left| \bullet p \right| \leq 1 \wedge \left| p \bullet \right| \leq 1$ , т.е. каждое место сети имеет не более одного входного и не более одного выходного перехода. Места, не имеющие выходных переходов, представляют собой хвостовые места сети. Все места, не входящие во множество головных или множество хвостовых мест, имеют ровно по одному входному и одному выходному переходу.

## Формальная модель принятия решений в ДИ

При построении формальной модели сценария ДИ реализованы механизмы построения следующих элементов и множеств.

1. **Пространство действий:**  $A=\{a_i\}$ . Предполагается, что пользователь намерен выбрать единственное действие  $a$  из области  $A$  допустимых действий.

2. **Пространство состояний:**  $\Theta=\{\theta_i\}$ . Предполагается, что последствие выбранного действия  $a$  зависит и текущего состояния, которое не может быть точно предсказано. Каждому возможному состоянию поставлен в соответствие некоторый элемент  $\theta$  из области  $\Theta$ .

3. **Семейство экспериментов:**  $E=\{e_i\}$ . Для получения дальнейшей информации о предположительности каждого состояния  $\theta$  из  $\Theta$  можно провести некоторый эксперимент или проверку  $e$  из  $E$ .

4. **Пространство исходов:**  $Z=\{z_i\}$ . Всякому возможному исходу каждого из допустимых экспериментов  $e$  поставлен в соответствие элемент  $z$  из  $Z$ . В процедуре используется предположение, пространство  $Z$  достаточно богато для того, чтобы содержать любое значение  $e$  из  $E$ . Поэтому описание  $z$  будет частично повторять описание  $e$ .

5. **Оценка полезности;**  $u(\cdot, \cdot, \dots, \cdot)$  на  $E \times Z \times A \times \Theta$ . Назначается полезность  $u(e, z, a, \theta)$ , выполняя эксперимент  $e$ , наблюдая его значение  $z$ , выбирая действие  $a$  и находя состояние  $\theta$ . В оценку  $u$  входит стоимость (денежная или иная) эксперимента и стоимость последствия выбранного действия.

6. **Оценка вероятности:**  $P_{\theta,z}\{\cdot, \cdot|e\}$  на  $Z \times \Theta$ . Для каждого  $e$  из  $E$  оценивается или вводится совместная вероятностная мера  $P_{\theta,z}\{\cdot, \cdot|e\}$  на  $Z \times \Theta$  (пространство возможностей).

Совместная мера порождает четыре других вероятностных меры:

а) маргинальную меру  $P'_\theta\{\cdot\}$  или  $P'_\theta$  на пространстве состояний  $\Theta$ .

Предполагается, что  $P'_\theta$  не зависит от  $e$ ;

б) условную меру  $P_z\{\cdot|e, \theta\}$  или  $P_{z|e,\theta}$  на пространстве значений  $Z$  при заданных  $e$  и  $\theta$ ;

в) маргинальную меру  $P_z\{\cdot|e, \theta\}$  или  $P_{z|e}$  на пространстве значений  $Z$  при заданном  $e$  и  $\theta$ ;

г) условную меру  $P''_\theta\{\cdot|z\}$  или  $P''_{\theta|z}$  на пространстве состояний  $\Theta$  при заданных  $e$  и  $z$ . Условие  $e$  опускается, поскольку используемая при этом информация о  $e$  войдет в описание  $z$ .

При любом заданном  $e$  возможны три основных метода построения полной системы определенных выше мер.

1. Если введена мера на  $Z \times \Theta$ , то все остальные четыре меры на  $Z$  и  $\Theta$  могут быть в отдельности вычислены по ней.

2. Если введена маргинальная мера на  $\Theta$  и условная мера на  $Z$  при каждом  $\theta \in \Theta$ , то совместная мера на  $Z \times \Theta$  может быть вычислена по ним. После этого маргинальная мера на  $Z$  и условная мера на  $\Theta$  могут быть найдены по совместной мере.

3. Вторая процедура может быть обращена: если введены маргинальная мера на  $Z$  и условная мера на  $\Theta$ , то можно вычислить совместную меру на  $Z \times \Theta$ , а уже по ней построить маргинальную меру на  $\Theta$  и условную на  $Z$ .

Введенная формализация позволяет привести проблему принятия решений к игровой ситуации с природой. Заданы  $E, Z, A, \Theta$  и  $P_{\theta, z|e}$ . Требуется определить, как пользователю выбрать  $e$ , а затем, имея наблюдаемое  $z$ , выбрать  $a$ , чтобы максимизировать ожидаемую полезность или минимизировать обобщенные затраты.

## **Процесс формирования компьютерной ДИ**

На основании анализа характерологических признаков имитационных методов активного обучения можно выделить следующие основные варианты организации ДИ, представленные на рис. 2.

Схематично процесс создания новой компьютерной многоролевой ДИ на основе параметризуемого каркаса сценария и с использованием разработанных инструментальных средств можно представить в виде схемы рис. 3., где РПДИ – редактор параметров деловой игры (настройка универсального параметризуемого каркаса ДИ на работу в организационно-структурной среде конкретной ДИ), КСЭ – конструктор структурных элементов (сборка сценария ДИ на основе настроенного каркаса и дополнительных фрагментов, реализующих логику конкретной ДИ).

Типовой сценарий ДИ состоит из двух частей: вспомогательной и основной (игровой) части.

Вспомогательная часть представляет собой универсальный каркас, в котором реализованы общие для большого класса деловых игр инициализирующие и деинициализирующие функции, выполняющие подготовительную работу по формированию организационно-структурной среды ДИ в соответствии с заданными на этапе разработки ДИ ограничениями и ее корректное расформирование. Организационно-структурная среда, создаваемая во время проведения ДИ, формируется в результате регистрации участников игры в соответствии со значениями параметров каркаса, заданными в РПДИ.

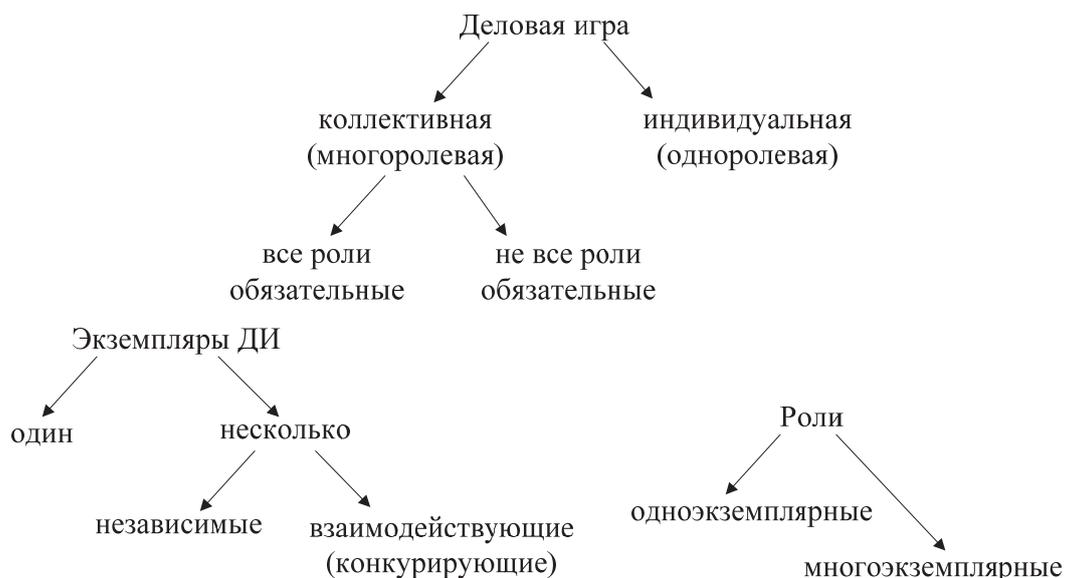


Рис. 2. Варианты организации ДИ

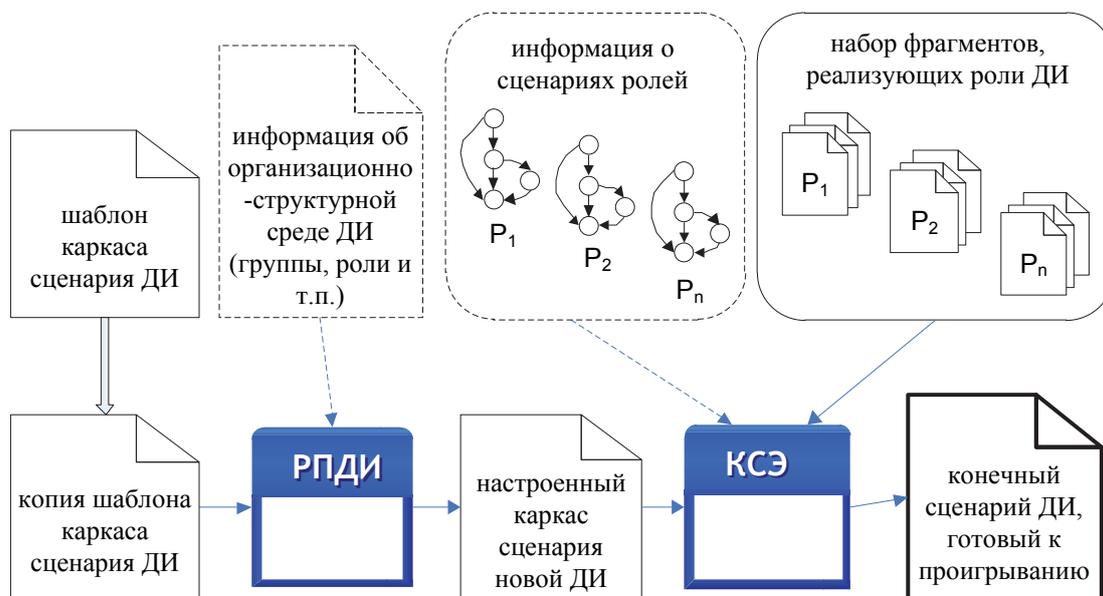


Рис. 3. Процесс создания новой ДИ

Каркас ДИ состоит из набора фрагментов, объединенных в некоторый сценарий, сформированный в соответствии с определенным алгоритмом. Сценарий собран в Конструкторе структурных элементов. Каркас предназначен для формирования организационно-структурной среды ДИ в результате прохождения игроками процедуры регистрации в ДИ и ее последующего расформирования при выходе игрока из игры. Для пользователя выполнение фрагментов каркаса выглядит как пошаговый мастер, в котором можно в любой момент прервать процесс регистрации или вернуться на предыдущий шаг (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

На рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.** приняты следующие обозначения:  $r_{ij}$  – фрагменты, реализующие сценарий  $i$ -й роли; **try ... finally ... end** – обработка исключений на уровне сценария ДИ. Она обеспечивает гарантированное выполнение деинициализирующего фрагмента каркаса.

Часть фрагментов, составляющих каркас, являются визуальными и предназначены для организации пользовательского интерфейса в процессе регистрации игрока в ДИ. Другие фрагменты являются невидимыми и предназначены для выполнения вспомогательных действий, обеспечивающих функционирование каркаса ДИ.

Для сокращения временных задержек, связанных с (нахождением в состоянии ожидания) выполнением длительных операций, возможна организация параллельного выполнения процессов в пределах одного экземпляра проигрывателя. При этом невидимый (вспомогательный) процесс будет выполняться в фоновом режиме. Между основной нитью сценария и вспомогательными процессами возможно взаимодействие (обмен данными) и синхронизация. Фоновые процессы также могут взаимодействовать между собой.

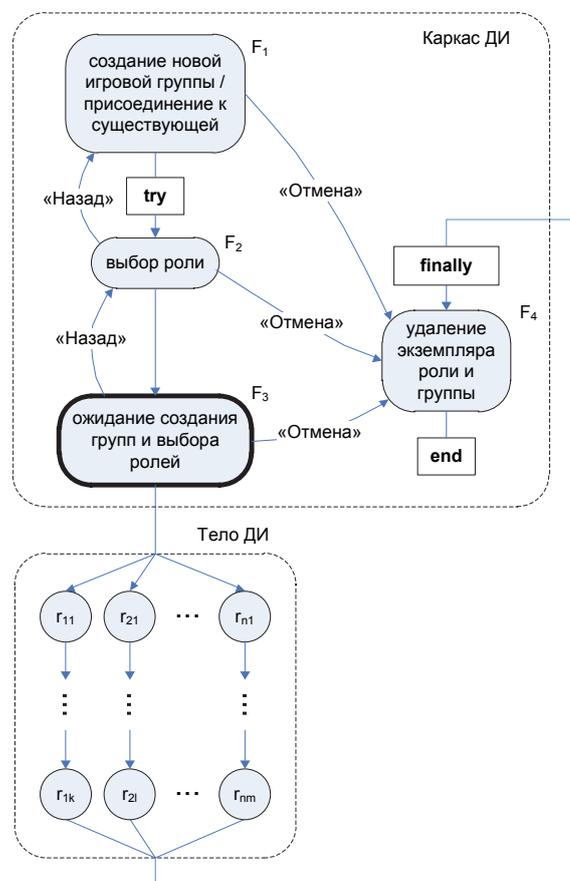


Рис. 4. Схема типового сценария ДИ на основе каркаса

Каркас сценария ДИ состоит из следующих четырех фрагментов (рис. **Ошибка!**)

**Источник ссылки не найден.:**

- инициализирующая часть:

- 1)  $F_1$  — создание нового экземпляра ДИ (новой игровой группы) или выбор одного из уже существующих (выбор группы);
- 2)  $F_2$  — выбор роли из числа предусмотренных в ДИ, создание ее экземпляра (присоединение к группе в качестве, определяемом выбранной ролью);
- 3)  $F_3$  — ожидание выбора обязательных, но еще не занятых ролей в предусмотренном количестве экземпляров оставшимися игроками и инициация начала игры. Возможность инициировать начало игры предоставляется игроку, прошедшему регистрацию в экземпляре ДИ (игровой группе) и имеющему такое право, в том случае, если выполняются следующие условия:

- в ДИ есть роли, предусматривающие произвольное количество экземпляров;
- все обязательные роли в предусмотренном количестве экземпляров заняты во всех созданных на текущий момент экземплярах ДИ (если экземпляры ДИ взаимодействуют).

При выполнении этих условий возможность инициации начала игры может быть временно недоступна, если хотя бы в одном экземпляре ДИ начал регистрацию новый участник, но еще ее не закончил. Когда все желающие принять участие в игре зарегистрировались, инициировать начало игры может любой из игроков, имеющий роль, для которой эта возможность была разрешена на этапе настройки ДИ средствами РПДИ. Этот фрагмент является синхронизирующим.

- деинициализирующая часть:

- 4)  $F_4$  — завершение экземпляра роли. Если это был последний незавершенный экземпляр роли из всех экземпляров ролей, относящихся к данному экземпляру ДИ, то происходит завершение этого экземпляра ДИ. Этот фрагмент невизуальный.

Основная смысловая (игровая) часть ДИ образует ее тело и содержит имитационные модели внешней среды, виртуальных участников игры и алгоритмы взаимодействия между этими моделями и реальными обучаемыми. Тело ДИ представляет собой параллельные нити любой алгоритмической сложности, по одной на каждую предусмотренную в ДИ роль. Разделение данных, описывающих текущее состояние каждого экземпляра роли пределах этой роли, осуществляется средствами фрагмента, а не на уровне сборки сценария ДИ в Конструкторе структурных элементов.

Для организации корректного совместного доступа игроков (представляющих их экземпляры проигрывателя ДИ) к общим данным в сеансе игры реализован механизм, сходный с использованием критических секций на основе блокирующих переменных при синхронизации потоков одного процесса (рис. 5.). Для обеспечения синхронизации процессов в локальной сети в качестве блокирующей переменной используется файл нулевого размера. Наличие файла сигнализирует о том, что ресурс занят, отсутствие – что свободен.

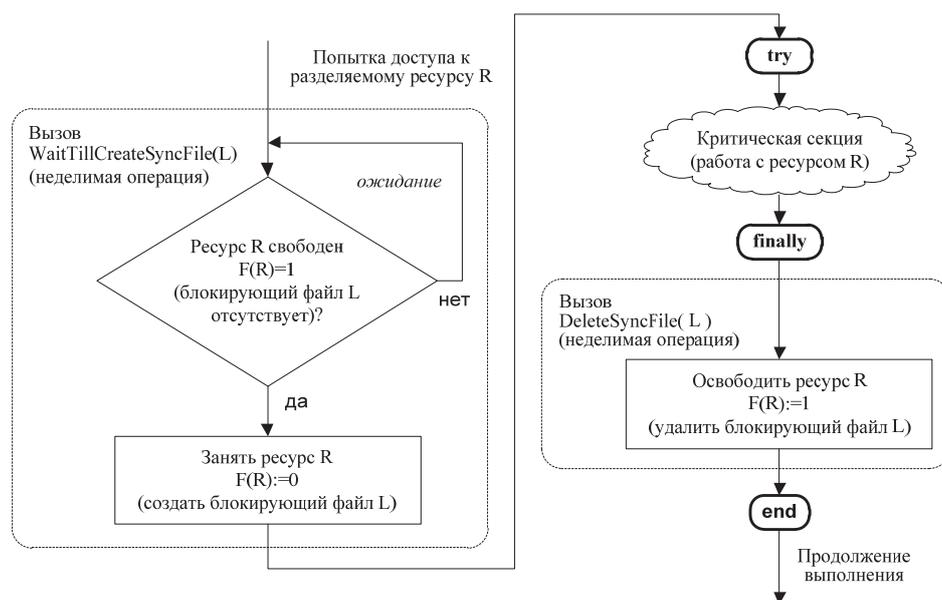


Рис. 5. Механизм критических секций на основе блокирующих переменных

## Заключение

Проведен анализ свойств деловой игры как метода обучения и тестового контроля знаний персонала промышленных предприятий и определен круг методов и моделей формализованного представления компонент системы конструирования многоролевых деловых игр. Разработана формальная схема процессного описания пользовательского интерактива в сетевой модели сценария деловой игры. Разработаны модели описания процессов конструирования типовых фрагментов деловой игры, а также их расширений на комбинированные формы интерактивного взаимодействия. На основе теории конечных автоматов и сетей Петри построена формализованная модель реализации сценария деловой игры. Разработаны механизмы конструирования и проигрывания сценария деловой игры. Предлагаются принципы создания программно-инструментальной среды конструирования компьютерных многоролевых деловых игр.

## Список литературы

1. Баринов К.А., Остроух А.В., Рожин П.С., Учеваткин Д.А. Использование деловых игр при подготовке управленческих кадров автотранспортного предприятия // Инновационные технологии на транспорте и в промышленности: сб. науч. тр. / МАДИ (ГТУ). – М., 2007. – С. 30-37.
2. Баринов К.А., Остроух А.В., Суркова Н.Е. Реализация деловых игр в компьютерных системах обучения // Открытое и дистанционное образование, № 3 (27), Томский государственный университет 2007. – С. 28-33.
3. Баринов К.А., Бугаев А.В., Буров Д.А., Остроух А.В. Опыт разработки и использования ролевых игр для подготовки и переподготовки специалистов предприятий промышленности и транспортного комплекса // Научный вестник МГТУ ГА, вып. №141 / МГТУ ГА. – М. 2009. – С. 189-197.
4. Баринов К.А. Моделирование интеллектуальной системы тестового контроля на базе сетей Петри // Теория и практика информационных технологий: сб. науч. тр. / МАДИ (ГТУ). – М., 2004. – С. 10-25.
5. Пугачев В.П. Тесты, деловые игры, тренинги в управлении персоналом. – М., 2002.
6. Платов В.Я. Деловые игры: разработка, организация, проведение. – М., 1991.
7. Галлямов Ф.Ф. Деловые игры – эффективный инструмент активного обучения. – Владивосток, 1995.
8. Гидрович С.Р., Сыроежин И.М. Игровое моделирование экономических процессов. – М.: Экономика, 1976.
9. Гуджоян О.П., Землянский А.А., Коноплянко В.И. Методы принятия управленческих решений / МАДИ. – М., 1997.
10. Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984. – 158 с.
11. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.
12. Таль А.А., Юдицкий С.А. Иерархия и параллелизм в сетях Петри // Автоматика и телемеханика. 1982. № 7, 9.
13. Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. – Л.: Наука, 1989. – 133 с.
14. Васильев В.А., Кузьмук В.В., Майер Г., Фенч С. Моделирование дискретных параллельных процессов управления с помощью сетей Петри // Электронное моделирование, 1986, т. 8, № 2. – С. 10-13.
15. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 263 с.
16. Эддоус А. Методы принятия решений. – М.: Мир, 1997.