

УДК 001.57, 004.942, 519.876.5

## МОРФОЛОГИЯ МОМЕНТА И СТРУКТУРА ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОММУНИКАТИВНЫХ СИТУАЦИЯХ

© 2024 г. В. П. Кальян<sup>а</sup>, \*

<sup>а</sup>ФИЦ ИУ РАН, Москва, Россия

\*e-mail: vkalyan@mail.ru

Поступила в редакцию 07.05.2024 г.

После доработки 28.06.2024 г.

Принята к публикации 16.10.2024 г.

Описан подход к решению проблемы прогнозирования развития коммуникативных ситуаций на основе информации, поступающей от экспертов. Инструментом структуризации процессов служит разработанная автором базовая модель — морфология широкого класса коммуникативных ситуаций. Для построения и обучения имитационной модели изучаемой ситуации используется язык визуального программирования. На первом этапе создания и обучения имитатора экспертом вводятся в систему значения параметров нескольких начальных фаз. Расчет дальнейшего развития событий, оценки и классификации состояний системы осуществляется с помощью математических методов распознавания, комбинаторных методов анализа, исследования операций, оптимального управления. Подтверждение расчетов достигается сравнением полученных результатов от имитатора с реальными изменениями параметров изучаемых процессов во времени.

**Ключевые слова:** морфология ситуации; событие; фазы состояния системы; динамика параметров; обучение с учителем; интенции; роль; статус; качество.

DOI: 10.31857/S0002338824060116, EDN: SUBBFM

## PMORPHOLOGY OF THE MOMENT AND STRUCTURE OF DYNAMIC PROCESSES IN COMMUNICATIVE SITUATIONS

V. P. Kalyan<sup>а</sup>, \*

<sup>а</sup>Federal Research Center “Computer Science and Control,”

Russian Academy of Sciences, Moscow, 119333 Russia

\*e-mail: vkalyan@mail.ru

The paper describes an approach to solving the problem of predicting the development of communicative situations based on information received from experts. The tool for structuring processes is the basic model developed by the author — the morphology of a wide class of communicative situations. A visual programming language is used to build and train a simulation model of the situation being studied. At the first stage of creating and training the simulator, the expert enters the parameter values of several initial phases into the system. Calculation of further developments of events, assessment and classification of system states is carried out using mathematical recognition methods, combinatorial methods of analysis, operations research, and optimal control. Confirmation of calculations is achieved by comparing the results obtained from the simulator with real changes in the parameters of the processes being studied over time.

**Keywords:** morphology of the situation; event; phases of the system state; dynamics of parameters; supervised learning; intentions; role; status; quality.

**0. Введение.** Условия моделирования коммуникативных ситуаций (КС) заметно отличаются от условий моделирования ситуаций технических (ТС), поскольку КС включает в себя Человека — «НОМО» — отдельных людей, интенциональные группы (ИГ) — группы людей с когерентными взглядами или аудиторию из людей с самыми разными интенциями.

Все базовые элементы ситуации — именованные сущности (термин, заимствованный из семантического анализа текстов, вероятностного тематического моделирования и т.п.), обла-

дают разными потенциалами влияния на ее развитие, и мы, углубляясь в структуру ситуации, выявляем ее морфемы и представляем в модели тектоническими частями (именами) и флексиями – ролями, статусами и качествами по отношению к целям развития ситуации. Положение усложняется тем, что участники ситуации могут иметь как разные, так и согласующиеся цели, могут менять их и под воздействием обстоятельств – изменяться сами.

Наблюдение за любыми динамическими ситуациями показывает нам, что динамика ситуации включает статические участки, плавные динамические участки и участки, где плавное развитие процессов чередуется со скачками, разрывами. Они появляются при преодолении дисбалансов, противоречий, которые разрешаются через изменение параметров базовых элементов ситуации и выливаются в некоторое *событие*, которое представляет собой узловые точки развития процессов и выступает по сути триггером, переводящим плавно или скачком ситуации в следующую фазу, которая отличается от прежней фазы изменившейся морфологией (рис. 1).

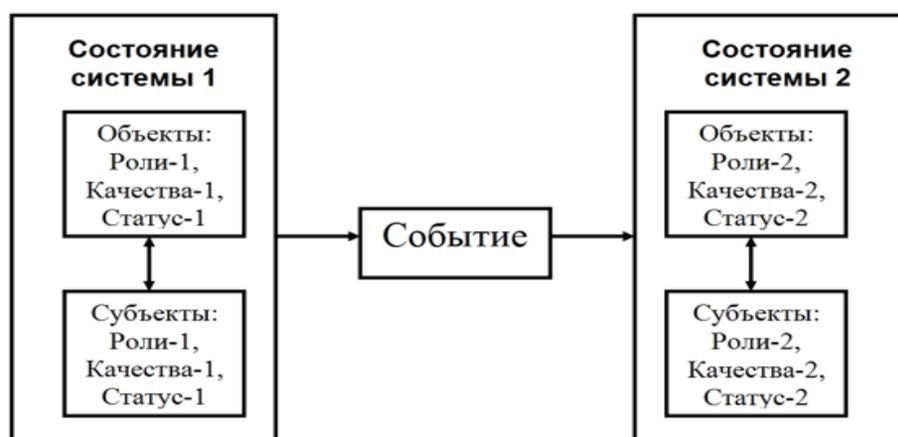


Рис. 1. Трехфазное представление одного звена в развитии ситуации

Схема элементарного движения ситуации изображенная на рис. 1 состоит из трех фаз. Две из них – состояния системы и между ними – *событие*, которое играет роль триггера, переключателя фаз. Однако в таком описании событие не рассматривается как процесс или результат развития некоторого процесса, например противоборства субъектов или их согласованная деятельность. В реальной жизни событие является не только триггером, переключающим систему из одного состояния в другое, но процессом и результатом протекания процесса, которые на схеме рис. 1 никак не отражены.

Для построения модели реального развития ситуации нам нужно отобразить внутреннюю структуру момента (статической фазы ситуации), чтобы из нее можно было вывести схему развивающегося процесса. Подход к описанию ситуаций был заложен еще в [1, 2], технических ситуаций – в [3], для коммуникативных ситуаций в этнологии – в [4], чей подход был развит в [5], где описывалась структура мифа именно как динамика изменения морфологии ситуации.

Автором настоящей работы на обширном материале были экспериментально выявлены основные морфемы коммуникативных ситуаций, определено их значение для представления ситуативной статики, динамики и решения широкого круга задач моделирования ситуативных процессов (рис. 2).

Именованные сущности составляют морфологическую основу ситуации в экспертной разметке, которая предусматривает не только неизменность значений имени сущности  $N$  (name), но и возможность фазовых изменений значений природы сущности  $\sigma$  (*ovoiá*); статические и динамические свойства каждой сущности могут быть вписаны в предикатно-актантную форму отображения как текущей  $j$ -й стихийно сложившейся фазы развития ситуации, так и каждой возможной фазы развития ситуации из предустановленного экспертом множества состояний системы. Эти изменения свойств сущностей в дальнейшем реализуются в виде изменения *взаимоотношений*, которые обусловлены сменой *ролей, качеств, статусов* участников событий.

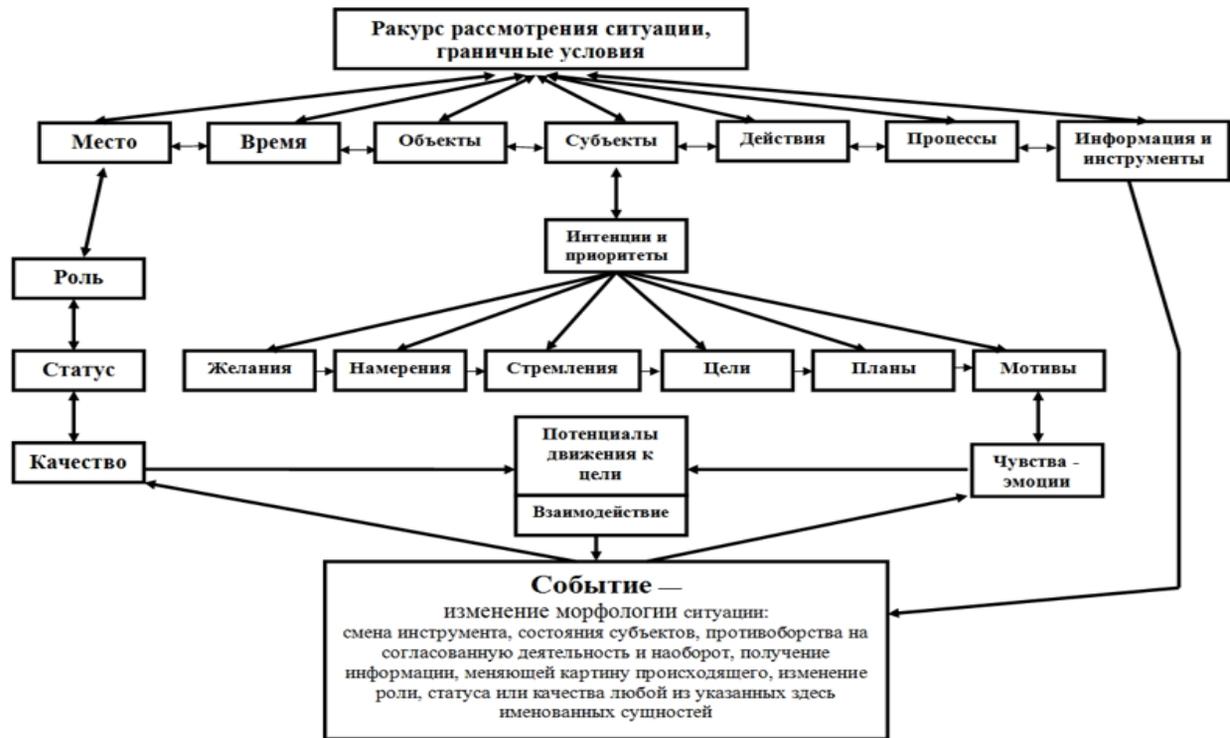


Рис. 2. Структура момента — основа динамики. Базовая морфология коммуникативных ситуаций. Именованные сущности и их параметры

Фрейм состояния системы в каждой фазе ее динамического развития в предикатно-актантной форме запишется как

$$c_j = (n_i, \sigma_{k,j,i}, r_{k,j,i}, s_{k,j,i}, q_{k,j,i}, I_{k,j,i}), \tag{0.1}$$

где  $j, j = \overline{1, j}$ , — номер фазы развития рассматриваемой ситуации, в котором система принимает одно из множества  $L^f$  возможных конечных ( $C^f$ ) или множества  $L^I$  промежуточных  $C^I$  состояний ( $C^f \subset C, C^I \subset C, C^f \cup C^I \equiv C$ ),  $L^f + L^I = L$ ,  $n_i$  - имя  $i$ -й сущности,  $k$  — идентифицирующий номер характеристики  $i$ -й сущности,  $\sigma_{k,j,i}, k = \overline{1, m}$ , — текущее натуральное состояние — тип сущности (в данной фазе  $j$  и в данном контексте рассмотрения — это объект, субъект, действие, процесс, время, место),  $r_{k,j,i}$  - роль,  $s_{k,j,i}$  - статус/стратегии,  $q_{k,j,i}$  - качество сущности по отношению к рассматриваемой цели,  $I_{k,j,i}$  - интенция  $i$ -го субъекта, определяющая актуальную цель в данной фазе  $j$ .

**1. Постановка задачи.** Для построения полноценной динамической модели ситуации нам нужно прояснить смысл и структуру предстоящего исследования.

1. Определить цель исследования и найти, какие ракурсы развития ситуации нас интересуют.

2. Описать каждую  $i$ -ю сущность из множества  $N$  именованных сущностей с помощью вектора  $F$ , характеризующего ее потенциал в статических фазах  $j - F_{j,i}(x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_m)$  и там, где это возможно — его поведение в динамических фазах  $F_{j,i}(x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t), \dots, x_m(t))$ . Здесь  $x$  — спроецированное на доминирующее направление развития ситуации для  $j$ -й фазы силовое значение каждого параметра  $x_k$   $i$ -й именованной сущности, где  $k = \overline{1, m}$ ,  $m$  — количество параметров, через которые сущности проявляют себя и происходит воздействие на ситуативные процессы от каждой именованной сущности.

3. Задать (априорно) множество всех наиболее очевидных (вероятных) конечных и промежуточных состояний системы  $C$  исходя из опыта наблюдения за развитием данной и подобных ситуаций. Таким образом, здесь и в дальнейшем  $C$  — множество конечных и промежуточных состояний системы, элемент этого множества имеет наименование  $c_h$ , где  $h = \overline{1, L}$ .

4. Установить, преодоление каких пороговых значений параметров меняют значимые для ситуации свойства именованных сущностей и, следовательно, меняют и состояние всей системы. Фрагменты динамических процессов, приводящих к таким изменениям, определяем как *событие*. Множество событий обозначаем через  $E$ . Нас здесь интересуют изменения значений каждого  $k$ -го параметра  $i$ -й именованной сущности из  $i = 1, N$ , где  $N$  – количество именованных сущностей, составляющих основу морфологии ситуации, и  $m$  – количество параметров  $x_k$  (функциональных характеристик) этих именованных сущностей.

На основании этой экспертной разметки можно априорно оценить в  $j$ -й фазе сумму параметров каждой сущности, определяющих потенциал ее возможного воздействия на развитие ситуации:

$$F_{j,i} = \sum_{k=1}^m x_{k,i,j}, \quad (1.1)$$

и на результат взаимодействия сущностей, приняв во внимание данную выше в (1.1) предварительную оценку силовому потенциалу векторов:

$$\pi_j = \prod_{i=1}^N F_{i,j}. \quad (1.2)$$

Следовательно, можно рассчитать первую вероятную  $j$ -последовательность событий  $E$  и состояний системы  $C$ , выразив ее через секвенцию:

$$\mathfrak{X} = \{c_1 \rightarrow E_1(\pi_1) \rightarrow c_2, \dots, c_j \rightarrow E_j(\pi_j) \rightarrow c_{j+1}, \dots, E_{N-1}(\pi_{N-1}) \rightarrow c_N\}. \quad (1.3)$$

Определим, что предписанный каждой сущности в данной ситуации нормативный набор действий/(реакций на воздействие)  $S_i$  является ее *статусом*. Выход за пределы норматива (не совершение обязательных и совершение не предписанных нормативом действий) во время  $j$ -го события отображается параметром *качество*  $Q_{j,i}(x_k)$ .

Роль, которую сущность  $n_i$  фактически играла в некотором событии  $E_j$ , отнесенная к ее статусу, показывает нам ее качество:

$$Q_{j,i} = \frac{R_i(E_j)}{S_i(E_j)}. \quad (1.4)$$

Как мы теперь понимаем, характеристики сущностей  $x_{i,k}$  в динамике реальной ситуации от фазы к фазе (и внутри фазы как функция физического времени  $t$ ) могут менять значения, включая тип (природу) своей сущности. Динамика системы в зависимости от совпадения/противоборства интенций разворачивается либо по законам совместной деятельности, либо противоборства.

Оценку потенциала противоборствующих субъектов и вероятности достижения желаемого  $i$ -м субъектом конечного состояния  $c_i^f$  при соотнесении всех используемых субъектами  $k$ -х свойств для осуществления своих стратегий  $s_{i,k}$  будем вводить в систему с помощью модели обучения с учителем. Процесс построения вероятной последовательности событий  $E_j$ , где учитываются силовые потенциалы на основании характеристик противоборствующих сторон, выражающиеся в интенсивности воздействий на текущее состояние системы  $\lambda_{j,x}, \mu_{x,j}$  на конкретном примере, рассмотрим ниже.

Разработка этого подхода открывает широкие возможности экстренного построения, верификации и использования модельного инструментария в решении сложных задач прогнозирования, исследования причин возникновения проблем, особенностей протекания процессов при планировании, управлении, поиске решений в таких областях, как следственная практика, здравоохранение, формирование общественного мнения, пути разрешения конфликтов, взаимосвязь процессов в экономике и геополитике, планирование военных операций и т.д.

**2. Между согласием и конфликтом: динамика ситуации в пространстве взаимоотношений.** Характер смены фаз динамической ситуации в определенной мере зависит от направления интенций субъектов, их целей в данной локальной фазе, соотношения их потенциалов, влияющих на силу, инструментальную оснащенность, мотивированность, информированность, т.е. значений всех характеристик, дающих вклад в значение потенциала субъектов по отношению к глобальной и локальной целям  $\{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_F, c_F \in C^F, C^F \subset C^L\}$ , здесь  $\overline{1, F}$  – номера списка глобальных целей субъектов. Множество желательных для них конечных состояний системы  $C^F$  договариваемся определять из состава их интенций. Это задает нам алфавит из  $F$  вероятных

конечных состояний  $c_f \in C^F$  системы и определяет для нас набор из  $I$  (intermediate) промежуточных — эти локальные цели вычисляем исходя из вероятных морфологических изменений параметров в результате противоборства  $N$  участников ситуации при движении каждого  $n_i \in N$  к желаемому результату из  $c_I \subset C^I$  состояний  $\{c_1, c_2, \dots, c_h, \dots, c_I, c_I \in C^I, C^I \subset C^L\}$ ,  $C^F$  и фиксации промежуточных (intermediate) состояний  $C^I$  из всего множества состояний  $C^L$ .

Отметим, что потенциал развития ситуации заложен как в негативном характере отношений (сомнение, несогласие, противоречие, возражение, протест, вражда, провокация, война на уничтожение противника) и связанных с ними интенциями, так и в позитивном характере, предполагающем когерентность взглядов, совпадение интенций, целей. В последнем случае субъекты, как правило, предпринимают совместные усилия по преодолению внешних препятствий, согласованию действий для работы по общему плану, объединяясь в ИГ.

Обозначим через  $\pi_{j,i,k}$  потенциал  $k$ -го фактора каждой  $i$ -й сущности (времени, места, объектов, субъектов, интенций, действий/процессов, инструмента, информации) для той или иной роли, которую они могут играть по отношению к текущему  $j$ -му событию и доминирующему направлению движения из состава целей, которые преследуют его участники. Тогда суммарный потенциал силовых характеристик каждой сущности при стремлении к одному из возможных следующих промежуточных состояний определим, вычисляя сумму:

$$y_{j,i}(t) = \sum_{k=1}^m \pi_{j,i,k}(x_{j,i,k}(t)). \quad (2.1)$$

Время развития каждого события  $E_j$  договоримся обозначать как  $T_j$ . А оценку результата динамического взаимодействия сущностей зададим с помощью интеграла функции динамики векторов:

$$\gamma_{j,i} = \int_0^{T_j} y_{j,i}(t) dt. \quad (2.2)$$

Таким образом,  $\gamma$  мы определяем как функцию результатов события  $E_j$ , а возможное следующее за  $j$ -м  $j+1$ -е состояние системы из всего набора состояний можно оценить как ближайшее к  $\gamma$ :

$$C_{j+1} = \operatorname{argmin}_{h=1, \overline{L}} \left\{ C_h - \gamma_{j,i}(E_j) \right\}. \quad (2.3)$$

**3. От причины к следствию. Анатомия события.** Обозначим текущее событие через  $E_j$ . Это  $j$ -е событие соответствует переходу состояния системы  $C_h$  из  $j$ -й фазы в  $j+1$ -ю фазу (где состояния системы будет уже некоторым  $c_x$ ), параметры которого вычисляются по итогам процесса внутри события  $E_j$  и принимают наиболее близкое значение из набора целей, выявленных по интенциям субъектов  $c_x \subset C$ . (Для простоты описания договоримся здесь и далее текущее состояние системы  $c_h(j)$  обозначать через  $c_j$ , помня, что  $c_j = c_h(j)$ .) Таким образом,  $j$ -е событие переводит систему из  $j$ -й фазы в следующую  $j+1$ -ю фазу, значение которого  $c_h \in C$  нужно установить из реального хода событий или вычислить по параметрам, на основании текстового или речевого описания момента.

Если перед началом события  $E_j$  в состоянии системы  $c_j$  априорно или по результатам предыдущих событий, как показано для примера на схеме рис. 2, статус  $S_{i,j}$  является заданными параметром, то при начале динамических изменений роль каждой сущности  $R_{i,j}$  и ее качество  $Q_{i,j}$  понимаем как отношение роли к статусу:

$$Q_{i,j} = \frac{R_{i,j}(C_j)}{S_{i,j}(C_j)}, \quad (3.1)$$

а по свершению события  $E_j$  наблюдаемыми апостериорно параметрами данной сущности в  $j+1$ -й фазе становятся роль и качество. Тогда можно ожидать, что если наблюдаемые статусы в событии и вычисленные по прошествии события

$$S_{i,j+1}(C_{j+1}) = \frac{R_{i,j+1}(C_{j+1})}{Q_{i,j+1}(C_{j+1})}, \quad (3.2)$$

если статусы до и после события различаются, то при оптимальном управлении ситуацией статус данной сущности стоящими над ситуацией инстанциями (политическим руководством, руководителями производства, медицины, образования, СМИ, военным командова-

нием и т.д.) должен быть приведен в соответствии с реальным положением вещей, и это действие охарактеризует качество уже руководящих инстанций.

Теперь мы должны внутри каждого перехода из состояния  $c_j$  в  $c_{j+1}$  рассмотреть анатомию самого  $j$ -го события  $E_j$ , переводящего  $c_j$  в  $c_{j+1}$ , а именно три последовательные «подфазы» состояния системы:  $c_j, E_j, c_{j+1}$ . Здесь  $c_j$  – фаза состояния системы в момент перед началом события включает в себя обстоятельства, являющиеся триггером начавшихся изменений,  $E_j(\pi_j)$  – ядро события, а сами воздействия, интенсивность потока которых обозначаем как  $\lambda_{j,x}, \mu_{x,j}, \lambda_{j,x}$  – поток внешних воздействий, меняющих морфологию системы и приводящих ее в данное состояние,  $\mu_{x,j}$  – поток воздействий, выводящих ее из данного состояния и переводящий в следующую после его совершения фазу – «апостериорное» состояние системы:

$$c_{j+1} = (n_i, \sigma_{k,j+1,i}, r_{k,j+1,i}, s_{k,j+1,i}, q_{k,j+1,i}, I_{k,j+1,i}), \quad (3.3)$$

фиксирует произошедшие изменения.

Преимущество силового потенциала того или иного субъекта/интенциональной группы казалось бы показывает, в каком направлении будут происходить изменения состояний системы  $c_j \in C$  и какова будет следующая  $j+1$ -я фаза состояния системы (см. (3.3)). Однако при вероятностном характере срабатывания параметров ситуации в реальности (возможно, неполном использовании потенциала базовых элементов ситуации, учете не всех участников ситуации, появлении дополнительных неучтенных факторов) о процессе развития событий можно говорить лишь как о вероятности их свершения.

Рассмотрим подробно, через какую цепь состояний-фаз  $\{c_j, c_{j+1}, \dots, c_f\}$  будет проходить данная система от текущего момента  $j$ -й фазы, где последующие актуализирующиеся в текущих фазах состояния системы  $c_j, c_{j+1}, \dots, c_f \subset C$  – суть подмножество всех возможных состояний системы  $C$ . Актуальные параметры  $c_j$  в каждом звене из цепи событий  $E_j$  вычисляются на основании значений параметров в предыдущем состоянии системы из множества  $C_L$  и наблюдаемого потока воздействий  $\lambda_{(j-1)j}$  из состояния  $c_{(j-1)}$  в  $c_j$ .

Поток воздействий от  $i$ -й сущности как функция от времени в  $j$ -м событии после  $j$ -й фазы состояния системы определяется развертыванием ее силового ресурса, который, как мы теперь понимаем, должен вычисляться по формуле

$$\alpha_{j,i}(t) = \sum_{k=1}^m \pi_{i,k}(x_{j,i,k}(t)), \quad (3.4)$$

а максимально возможное интегральное воздействие от него в  $j$ -й фазе можно оценить как

$$\delta_{j,i}(j) = \int_0^{T_j} \alpha_{j,i}(t) dt. \quad (3.5)$$

**4. Программирование взаимодействия элементов модели.** Произведенную экспертную оценку параметров и взаимоотношений именованных сущностей для некоторой  $j$ -й фазы динамики ситуации используем для построения управляемой обучающей модели. Патчи и подпатчи – графические интерактивные схемы, которые создаем с помощью инструментов библиотеки фреймворка и операционных окон типа патчера. Другими словами, окна, разработанные в языке программирования комплекса программ MAX/MSP/PureData, позволяют создавать наглядные графические схемы управления динамикой сущностей. Эти интерактивные графические схемы применяются вместо принятых в математике выражений и делают визуальное управление взаимодействием сущностей подобным управлению инструментами в электронном оркестре.

Данная работа начиналась с создания собственного фреймворка – библиотеки графических примитивов – интерактивных паттернов нижнего уровня. Паттерны нижнего уровня – работающие части общей модели, патчи и подпатчи. Они состоят из схем расчета функционирования именованных сущностей рассматриваемой ситуации и схем их взаимодействия в модели динамики системы.

**5. Описание языка и процесса программирования модели ситуации.** Патчи конструируем из подпатчей с помощью виртуальных проводов, ими соединяем *патчи* и *подпатчи* между собой, а также элементы внутреннего устройства подпатчей – вычислительные схемы из объектов, которые, как правило, выполняют простейшие функции типа арифметических операций, со-

ртировки, обработки параметров сущностей, операций управления динамикой типа *старт/стоп*, *метроном*, композиции функций их динамики и т.д.

Важными элементами управления динамикой модельных конструкций всех уровней – патчей и подпатчей являются такие объекты графического языка, как *слайдер*, *тогл*, *банг*, *старт*, *стоп*, *метро*, *функция/процесс – модуль* (рис. 3).

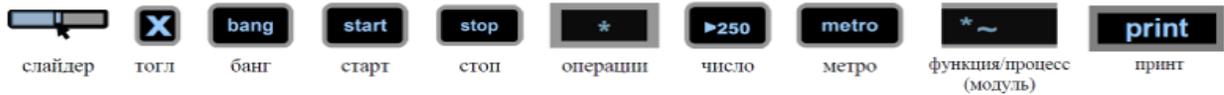


Рис. 3. Базовые элементы визуального языка программирования моделей ситуации

*Слайдер* внешне напоминает ползунковый потенциометр. Он меняет в реальном времени числа, ограниченные указанным диапазоном в объекте, который производит вычисления – константы и коэффициенты функций. Первоначально заданное в объекте число меняет свое значение с помощью смещения ползунка на величину сдвига. *Слайдер* управляет параметрами подсоединенных к нему объектов, например, частотой управляющих временных отсчетов объекта *метро*, дискретизации времени процессов и временной метрикой развертывания событий, коэффициенты в содержащихся в них выражениях и т.д. (рис. 4)



Рис. 4. Объект *слайдер*

*Число* – объект, в который можно ввести любое число извне – из другого объекта, с клавиатуры компьютера, нажатием стрелочки в его боксе. Значение будет меняться на предустановленные извне величины. Содержимое объекта *число* может меняться из объекта *слайдер* перемещением ползунка, также по заданной *слайдеру* извне шкале. Выход значения числа может быть направлен и передаваться через соединение со входом другого объекта, подпатча или патча (рис. 5).



Рис. 5. Объект *число*

*Банг* – это сообщения-триггер, он активизирует процесс в подсоединенном к нему боксе, *старт* его запускает в сети патча, *стоп* – останавливает (рис. 6).



Рис. 6. Объекты *банг*, *старт*, *стоп*

*Тогл* – чередует эти функции при нажатии его кликом мышки последовательно (рис. 7).



Рис. 7. Объект *тогл*

Управление всеми функциями во времени осуществляется через временные отсчеты, которые генерирует элемент управления временной метрикой – *метро*. Он управляет частотой управляющих временных отсчетов параметров подсоединенных к нему объектов – *слайдер*, *тогл*, *банг/старт/стоп*, *число*, временной метрикой развертывания событий (как метро в музыке – темпом, ритмом), а также развертыванием во времени действия объекта *функция* – процесса, описывающего механизм его действия в патче (рис. 8).



Рис. 8. Объект *метро*

Объект *функция* представляет собой предуготовленные для текущей ситуации функции от простейших тригонометрических функций  $\sin(t)$ ,  $\cos(t)$  до вычисленных зависимостей по методу Стронгина, Пауэлла, Колмогорова, Бурбаки, функций распределения Больцмана-Гиббса и т.д. и управляется во времени связкой объектов *метро*, *слайдер*, *тогл*, *банг*, *старт*, *стоп*, *число*, временной метрикой развертывания событий (физической несущей частотой дискретизации времени на общей оси времени – TimeLine), темпо-ритмом движения процессов внутри состояний и событий, порождаемых объектом *функция* (рис. 9).



Рис. 9. Функция/процесс-модуль

Экземпляры объекта *операция* выполняют простейшие действия типа арифметических операций сложения, вычитания, умножения, деления, возведения в степень, извлечения корня, сравнения, сортировки, логического следования (импликации – если – то) и других операций обработки параметров сущностей (рис. 10).



Рис. 10. Объект *операция*

Объект *принт* выводит полученные/вычисленные данные на консоль или в указанное место (вход другого модуля – объекта/подпатча, патча) для дальнейших вычислений (рис. 11).

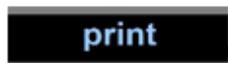
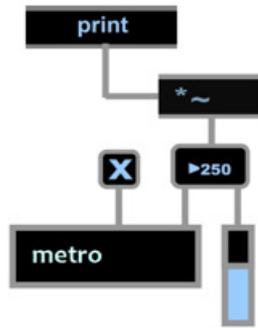


Рис. 11. Объект *принт*

Соединение элементарных объектов в подпатчи (далее – подпатчи в патчи и патчи между собой) конструируем с помощью виртуальных проводов. Элементарные объекты выполняют простейшие функции типа арифметических операций, сортировки, обработки параметров сущностей, операций управления динамикой типа *старт/стоп*, метроном, композицией функций, их динамики и т.д. На рис. 12 представлены конструкция, управляющая процессом с помощью объектов *тогл*, *слайдер*, *метро*, который отвечает за изменение темпа отсчетов для управления объектом *функция/процесс* во времени. Изменение характеристик процесса во времени выводится в консоль и другие смежные патчи системы объектом *принт*.

**6. Последовательность действий при конструировании и обучении имитатора ситуации.** Первоначально построим первые подпатчи из элементов библиотеки элементарных вычислитель-

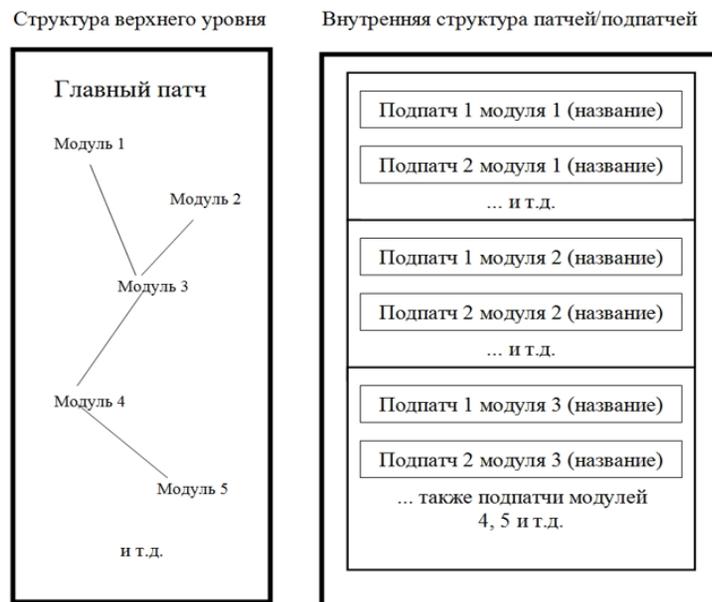


**Рис. 12.** Простейший патч – схема запуска динамики процесса в объекте функция/процесс связкой объектов *тогл*, *метро*, *слайдер* и вывода данных из объекта функция/процесс с помощью объекта *принт*

ных операций и готовых объектов в виде классических тригонометрических функций. Далее мы строим модели для расчета нужных нам в данной задаче динамических процессов по методам оптимального управления Стронгина, Пауэлла, Колмогорова, Бурбаки, функций распределения Больцмана-Гиббса и т.д.

Патчи конструируем из подпатчей помощью виртуальных проводов. Ими соединяем подпатчи, которые, как правило, выполняют простейшие функции типа арифметических операций, сортировки, обработки параметров сущностей, операций управления динамикой типа старт/стоп, метроном, композиции функций их динамики и т.д. Модель каждой сущности имеет входы и выходы – это каналы загрузки данных в подпатчи и патчи сущностей, в схемы обмена данными внутри их моделей и схемы взаимодействия сущностей через связь модулей и их инкапсуляцию с помощью объекта *bpatch*.

В окне под названием *patcher* создаем программу с помощью интерфейса, подобного программам для рисования. Выбираем объект из палитры (библиотеки объектов) и затем щелкаем мышью там, где хотим разместить объект. Для того, чтобы добавить модуль в рабочий *патч*, просто конструируем объект *bpatcher*, а в инспекторе его свойств указываем путь к файлу модуля (патча, подпатча). Весь процесс написания программы сводится к многочисленным инкапсуляциям и добавлениям субпатчей в работающий патч. По сути, просто закапываем рабочие модули программы по группам все глубже и глубже, а на выходе будем иметь элементарную структуру всего из нескольких объектов (рис. 13).



**Рис. 13.** Структура программы в визуальном языке программирования

**7. Пример построения имитатора ситуации с морфодинамикой из четырех событий и четырех состояний.** Разберем частный пример имитации противоборства двух субъектов: коллективного (интенциональной группы) и индивидуального – некоего некогерентного участника ситуации. При этом договоримся об условии, что финальное состояние, при котором единое всеми согласованное решение не принято, исключается.

Именно такие ситуации неоднократно имели место в действительности или были описаны в литературе. Можно их формально представить с помощью следующих рассуждений: пусть некоторая система имеет  $L$  возможных состояний (число состояний в нашем примере  $L = 4$ ) и пусть алфавит этих состояний  $C_1, C_2, C_3, C_4$ , из которых два ( $C_1$  и  $C_4$ ) являются вариантами конечного состояния, а два ( $C_2$  и  $C_3$ ) – промежуточными результатами событий  $E_1, E_2, E_3, E_4$ , описывающих острые фазы взаимодействия двух противоборствующих сторон. Итак, мы строим конструкцию из четырех состояний и четырех переходов.

Опишем кратко содержание состояний системы и связанных с ними событий на примере двух широко известных ситуаций противоборства двух мнений, которые обсуждаются на собрании уполномоченных представителей из числа субъектов-участников ситуации для вынесения некоторого важного решения: краткое конфиденциальное совещание перед заседанием кабинета министров Австро-Венгрии о немедленном начале войны с Сербией (фактически давшее старт началу Первой мировой войны) и совещания присяжных в фильме по мотивам пьесы «Двенадцать рассерженных мужчин» Р. Роуза и его ремейка – фильма Н. Михалкова «12».

Состояние  $C_1$  – участники ситуации имеют мнения, совпадающие с мнением председательствующего на совещании; не имеющие альтернативной позиции (или такая к началу совещания позиция подавлена) просто соглашаются с господствующим мнением.

Событие  $E_1$  (действие/процесс) – в обоих случаях появляется участник ситуации с особым мнением и высказывает его, оказывая воздействие  $\mu_{12}$ , которое переводит состояние системы из  $C_1$  в  $C_2$ , или воздействие  $\mu_{13}$ , переводящее систему из состояния  $C_1$  в  $C_3$ .

Состояние  $C_2$  – зафиксировано особое мнение одного или нескольких участников и это требует дальнейшего обсуждения, выяснения причин разных позиций.

Событие  $E_2$  (действие/процесс) – начинается обсуждение, где все участники совещания высказывают свое мнение:

а) совершаются согласованные коллективные попытки убедить участника, имеющего особое мнение, в ошибочности такой позиции, оказываются воздействия  $\lambda_{21}$  на вольнодумца по склонению его к единой точке зрения, т.е. заранее намеченному состоянию, предусматривающему единственно допустимое развитие событий,

б) действия участника с особым мнением  $\lambda_{24}$  по глубоко аргументированному изложению своей точки зрения и вовлечению нескольких участников совещания в процесс осмысления обсуждаемой ситуации и убеждения всех присяжных в правильности особого мнения.

Состояние  $C_3$  – произошло осмысление лишь частью участников совещания неоднозначности ситуации и возросла готовность присяжных к открытой дискуссии.

Событие  $E_3$  (действие/процесс) – последовательность воздействий участника с особым мнением  $\lambda_{34}$  по информированию каждого участника с неустойчивым мнением все новыми свидетельствами несостоятельности обвинений и применение им приемов психологического воздействия на каждого участника промежуточных состояний системы, возникающих из однотипных событий – действий по обмену мнениями участников с утверждением правильности особого мнения и переводом состояния системы к состоянию  $C_4$ , когда особое мнение постепенно становится общим.

Состояние  $C_4$  – подавляющее большинство или все участники ситуации присоединились к особому мнению; имеющий особое мнение участник убедил критически важное для принятия решения число участников совещания в верности своей позиции, и итогом совещания становится присоединение всех участников к особому мнению.

Событие  $E_4$  (действие/процесс) – подавляющее большинство или все участники ситуации вроде бы присоединились к особому мнению, но появление дополнительной информации рушит создавшуюся конструкцию и один или несколько участников совещания (присяжный или руководитель государственного совета) возвращают совещание в состояние  $C_2$  или  $C_3$ .

Интенсивности потока воздействий  $\lambda_{31}$  определяющих совершение события, которое переводит систему из состояния  $C_3$  в состояние  $C_1$ , и  $\lambda_{21}$  переводящего систему из состояния  $C_2$  в состояние  $C_1$ , потока  $\lambda_{43}$ , переводящего состояние системы из  $C_4$  в  $C_3$ , потока  $\lambda_{42}$ , переводящего состояние системы из  $C_4$  в  $C_2$ , будем вычислять, предполагая, что среднее время дискурса зависит от глубины аргументации, интенсивности и остроты спора, ответственности каждого из участников за принятое решение. Априорно схему вероятных переходов внутри этих четырех состояний отобразим размеченным графом на рис. 14.

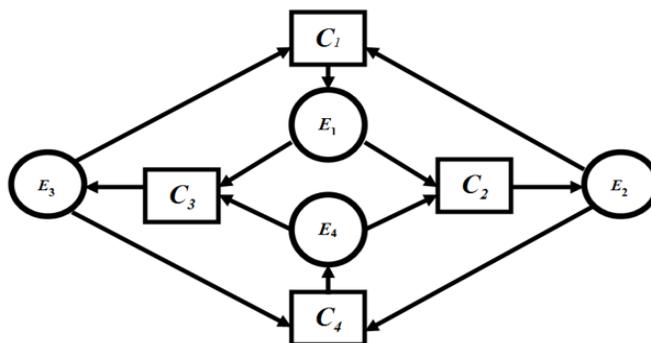


Рис. 14. Схема возможных переходов между четырьмя ожидаемыми состояниями

Имея в распоряжении размеченный граф переходов, используем уравнения Колмогорова для вероятностей состояний, можно написать и решить алгебраические уравнения для финальных вероятностей. Вероятность того, что система будет находиться в одном из промежуточных состояний  $c_h$  в  $j$ -й фазе обозначаем  $p_{j,h}$ ; вероятность этого и последующих состояний зависит от динамических характеристик события  $E_j(\lambda(t))$ , наличия прямых и обратных переходов в развитии ситуации. Если в качестве одного из аргументов присутствует интенсивность потока действий  $\lambda_{jx}(t)$ , а другого —  $\mu_{xj}$ , можно рассчитать вероятность состояния, следующего за событием, где имеют место эти воздействия, в частности, с помощью уравнений Колмогорова для нашего примера с четырьмя состояниями и четырьмя событиями.

Общее правило составления уравнений Колмогорова — в левой части каждого из них стоит производная вероятности какого-то ( $j$ -го) состояния. В правой части — сумма произведений вероятностей всех состояний, из которых идут стрелки в данное состояние, на интенсивности соответствующих потоков событий, минус суммарная интенсивность всех потоков, выводящих систему из данного состояния, умноженная на вероятность данного ( $j$ -го) состояния.

Пользуясь этим правилом, запишем уравнения Колмогорова для системы  $S$ , размеченный граф состояний которой приведен на рис. 14. Общее правило составления уравнений Колмогорова — в левой части каждого из них стоит производная вероятности попадания какого-то состояния из  $h = \overline{1, N}$  в  $j$ -ю фазу. В правой части — сумма произведений вероятностей всех состояний, из которых идут стрелки в данное состояние, на интенсивности соответствующих потоков событий, минус суммарная интенсивность всех потоков, выводящих систему из данного состояния, умноженная на вероятность попадания данного состояния в  $j$ -ю фазу.

Какой поток событий переводит систему обратно, например из  $C_{j+1}$  в  $C_j$ ? Очевидно, подавляющий поток воздействий при стремлении сущности (наиболее решительного субъекта) к цели (см. событие  $E_4$  на Рис. 14). Его интенсивность ( $\mu_{j+1,j}$ ) равна единице, деленной на среднее время события, достигающего состояние  $C_j$ . Аналогично вычисляются интенсивности потоков событий, переводящих систему по всем стрелкам графа рис. 14, где  $t$  — физическое время внутри события.

Для рассматриваемой ситуации из четырех событий и четырех состояний система уравнений запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{dp_1}{dt} &= \mu_{21}p_2 + \mu_{31}p_3 - (\lambda_{12} + \lambda_{13})p_1, \\ \frac{dp_2}{dt} &= \mu_{12}p_1 + \mu_{42}p_4 - (\lambda_{21} + \lambda_{24})p_2, \\ \frac{dp_3}{dt} &= \mu_{13}p_1 + \mu_{43}p_4 - (\lambda_{31} + \lambda_{34})p_3, \\ \frac{dp_4}{dt} &= \mu_{34}p_3 + \mu_{24}p_2 - (\lambda_{42} + \lambda_{43})p_4. \end{aligned} \tag{7.1}$$

Чтобы решить уравнения Колмогорова и найти вероятности состояний, прежде всего надо задать начальные условия. Если мы точно знаем начальное состояние системы  $C_0$  в началь-

ный момент (при  $t = 0$ ), то  $p_0(0) = 1$ , а все остальные начальные вероятности равны нулю. Так, например, уравнения, описывающие вероятности состояний в ситуации приведенные графом на рис. 14, естественно решать при начальных условиях  $p_0(0) = 1, p_1(0) = p_2(0) = p_3(0) = 0$ . При  $t \rightarrow \infty$  в системе  $S$  устанавливается предельный стационарный режим, в ходе которого система случайным образом меняет свои состояния, но их вероятности уже не зависят от времени. Финальную вероятность состояния  $C_j$  можно истолковать как среднее относительное время пребывания системы в этом состоянии. Например, если система  $S$  имеет четыре состояния  $C_1, C_2, C_3$  и  $C_4$ , а их финальные вероятности равны 0.1; 0.2; 0.7 и 0.0, то это значит, что в предельном, стационарном режиме система в среднем 0.1 времени проводит в состоянии  $C_1$ , 0.2 – в состоянии  $C_2$ , большую часть времени – в состоянии  $C_3$ , а в состояние  $C_4$  она не переходит.

При приближении состояния системы, стремящейся к финалу, все производные становятся равны нулю, и уравнения приобретают вид:

$$\begin{aligned} (\lambda_{12} + \lambda_{13})p_1 &= \mu_{21}p_2 + \mu_{31}p_3, \\ (\lambda_{21} + \lambda_{24})p_2 &= \mu_{12}p_1 + \mu_{42}p_4, \\ (\lambda_{31} + \lambda_{34})p_3 &= \mu_{13}p_1 + \mu_{43}p_4, \\ (\lambda_{42} + \lambda_{43})p_4 &= \mu_{34}p_3 + \mu_{24}p_2. \end{aligned} \tag{7.2}$$

Учитывая, что сумма всех вероятностей в любом состоянии  $j$  равна единице – ( $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$ ), и подставляя наблюдаемые значения интенсивности в это уравнение, можно получить значения вероятности состояния системы на следующем шаге.

Таким образом, уравнения Колмогорова дают возможность найти все вероятности перехода из состояния  $c_j$  в следующее состояние  $c_{j+1}$  как функцию интенсивности воздействий от времени  $E_j(\lambda_{jx}(t))$  и  $E_j(\mu_{xj}(t))$  внутри события и наглядно представить схему вероятных сценариев развития ситуации с помощью ориентированного размеченного графа.

Однако вероятностная картина переходов, связанная в основном с критерием интенсивности действий внутри события, имеет сильный корректирующий фактор глубинной природы происходящего процесса, который переопределяет состав намерений и первоначально заявленных стратегий. Это сказывается как на динамике интенсивности воздействий  $\lambda_{jx}(t)$  и  $\mu_{xj}(t)$  во время свершения события  $E_j$ , так и на алфавите (множестве) состояний системы. В этом случае более надежного результата можно добиться, учитывая не столько поддающуюся измерению интенсивность воздействий в текущий момент времени, сколько оценку потенциала основных сущностей, которые являются морфологической базой рассматриваемой ситуации. Следовательно, мы получим схему высоко вероятных переходов в виде линейного графа реализации двух разных сценариев.

Такие действующие модели можно реализовать с помощью языка агентов с реактивным поведением [6–8, 9] или языков визуального программирования с акцентом на обратные связи элементов многоуровневого патчевого описания модулей и submodule программируемой системы [10]. Здесь можно упорядочить выражение (1.1) и перейти от индексации  $F_{i,j}$  к развертыванию во временную последовательность, записав как функцию от времени  $F_{i,j}(t)$ . В этом случае динамическая модель ситуации представляет собой цепь чередования участков –  $j$ -х фаз плавно развивающихся процессов:

$$f_j(t) = \prod_{i=1}^N F_{j,i}(t) \tag{7.3}$$

с интенсивными потоками воздействий, которые оформляются в события-триггеры  $E$ , определяющими правила их переключения от  $j$ -й фазы к  $j+1$ -й фазе по предустановленным состояниям, которые диктуются мерой близости и порогами изменения  $sw_j$  морфологии системы.

Состояние системы в  $j+1$ -й фазе в результате процесса взаимодействия сущностей в рамках события  $E_j$  может быть определено выбором ближайшего значения из множества состояний  $C_h$ :

$$C_{j+1}(E_j) = \arg \min_{h=1, L} \left\{ c_h - \sum_i^N \delta_{j,i}(j) \right\}. \tag{7.4}$$

Для некоторых случаев удается решить заранее уравнения в буквенном виде, в частности, если граф состояний системы (рис. 14) представляет собой известную из математической биологии «схему гибели или размножения», его управляемую модель можно представить в виде патча динамики (рис. 15), а последовательность событий/состояний – в виде графа ветвления сценария (рис. 16).

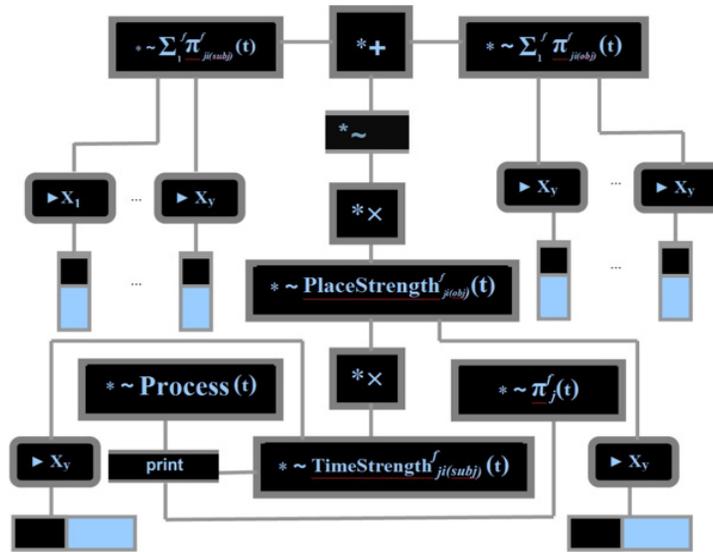


Рис. 15. Патч динамики суммы потенциалов при взаимодействии всех сущностей в текущей  $j$ -й фазе

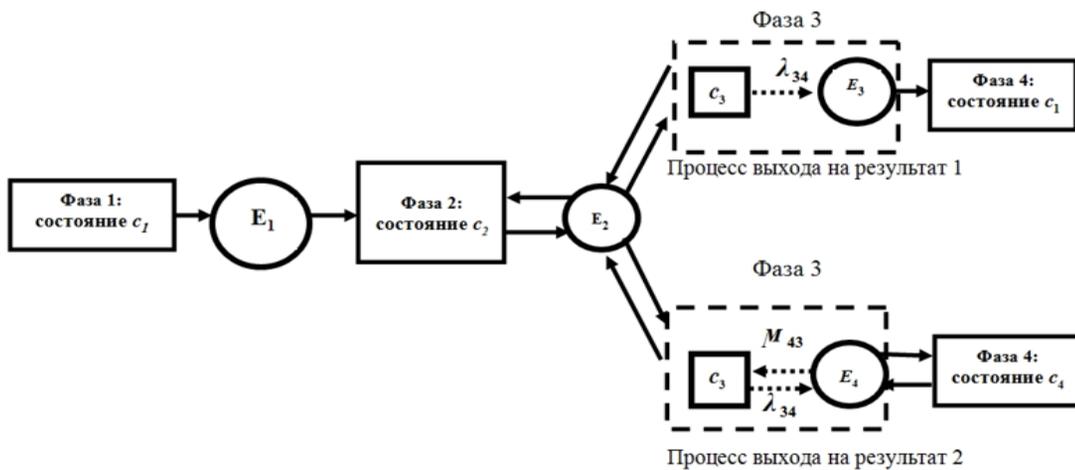


Рис. 16. Граф ветвления сценария на ранней фазе обучения системы и дальнейшего хода развития событий

**Заключение.** Рассмотрена задача имитации развития коммуникативных ситуаций по методу обучения с учителем на основании экспертных разметок. Применен подход автоматизированного выявления морфологии конкретной ситуации с помощью разработанной автором базовой морфологии для широкого класса таких ситуаций. Учитывались особенности морфологии коммуникативных ситуаций в отношении как самой природы именованных сущностей, так и основных динамических свойств базовых элементов – статуса, роли, качества, целевых приоритетов. На аналитическом материале исследователей из других научных областей (этнологии, юриспруденции, политологии) обобщены законы перехода или трансформации субъектов в объекты, в ролевые функции, а качества – в роли, статусы и т.д.

Параметризация именованных сущностей, обозначение связей между ними, конкретизация значения параметров нескольких первых фаз динамического развития вводились в систему экспертом на первом этапе создания и обучения модели. Расчет дальнейшего развития событий, оценка и классификации состояний системы осуществлялись с помощью математических методов распознавания, комбинаторных методов анализа, исследования операций и оптимального управления. Была сформирована концепция глубокого анализа структуры си-

туации для статичных состояний. Моделирование динамики параметров именованных сущностей внутри событий и обмен данными между моделями были поддержаны возможностями языка визуального программирования.

Методика построения динамических расчетных моделей – имитаторов коммуникативных ситуаций, заимствованная из комплекса программ MAX/MSP/PureData, была дополнена авторской концепцией математического описания структуры ситуации. Управляемые вычислительные модели были построены в виде графических схем, состоящих из интерактивных элементов, которые дают возможность наглядного управления динамикой параметров базовых сущностей и мониторинга происходящих процессов.

Модульная структура отображения ситуаций позволяет осуществлять широкий охват контекстных зависимостей, обеспечивает обмен данными между подключаемыми расчетными модулями, делает подобные ситуации сравнимыми с разных ракурсов, разной степени связанности и детализации. Данный инструментальный подход может быть применен к описанию коммуникативных процессов не только по заданным экспертом, но и текстовым, графическим, фото/видео и аудиоданным. Он открывает путь к сравнению внешне схожих ситуаций, их классификации, включению в более широкий ситуативный контекст.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Barwise J., Perry J.* The Situation Underground // Stanford Working Papers in Semantics. V.1/Eds. J. Barwise, I. Sag. Stanford: Stanford Cognitive Science Group, 1980, Section D. P. 1–55.
2. *Dcclin K.* Logic and Information. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
3. *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление // Теория и практика. М.: Наука, Физматлит, 1986.
4. *Пропп В.Я.* Морфология «волшебной» сказки. Исторические корни волшебной сказки // Собр.тр. В.Я. Проппа. М.: Лабиринт, 1998. 512 с.
5. *Леви-Строс К.* Структурная антропология. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2001. 512 с.
6. *Бродский Ю.И.* Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование // М.: ВЦ им. А.А. Дородницына РАН, 2013.
7. *Бродский Ю.И.* Роды структур Н. Бурбаки в задаче синтеза имитационных моделей сложных систем и модельно-ориентированное программирование // ЖВМ и МФ. 2015. Т. 55. № 1. С. 153–164.
8. *Бродский Ю.И.* О математическом моделировании поведения мультиагентных систем. М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018.
9. *Бурбаки Н.* Теория множеств. М.: Мир, 1965. Springer: <https://www.springer.com/gp/book/9783540340348> (дата обращения: 23.09.2019).
10. MSP Tutorials // Table of Contents – [https://docs.cycling74.com/max8/tutorials/00\\_mspindex](https://docs.cycling74.com/max8/tutorials/00_mspindex) (дата обращения: 11.09.2023).