

## Способ проектирования информационно-аналитических процессов в образовательных кибер-физических системах на основе нейро-нечетких сетей Петри

### **Бобряков А.В.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9498-9504>, e-mail: avbob@mail.ru

### **Мисник А.Е.**

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4750-8138>, e-mail: anton@misnik.by

### **Прокопенко С.А.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9404-2513>, e-mail: puss95@yandex.by

Современные образовательные кибер-физические системы работают в условиях неопределенности и постоянного роста объема структурированной и полу-структурированной информации, поступающей из разнородных источников. Предпосылками для такого роста являются, прежде всего, растущие возможности аппаратного сбора данных, а также широкое использование персональных устройств, которые используются, с одной стороны, как канал сбора данных, а с другой — как инструмент для анализа и управления информационно-аналитическими процессами.

Характерной чертой образовательных кибер-физических систем является тесное взаимодействие системных и информационно-аналитических процессов. Системные процессы подвержены влиянию различных внешних факторов, поэтому связанные с ними информационно-аналитические процессы должны адаптироваться к таким изменениям. В связи с этим остро стоит проблема повышения эффективности и скорости разработки и модификации информационно-аналитических процессов, которые включают в себя процессы сбора, обработки, обобщения, оценки и прогнозирования состояния, выработки обоснованных решений и оценка их осуществимости.

Для разработки информационно-аналитических процессов в образовательных кибер-физических системах используются различные подходы. Традиционный подход заключается в том, что еще на этапе разработки требования к основным и информационно-аналитическим процессам

системы устанавливаются достаточно жестко. При этом информационно-аналитические процессы «встраиваются» в основные процессы кибер-физических систем в виде программного кода (рис. 1).

К преимуществам такого подхода можно отнести высокую эффективность разработки процессов. Однако поддержание этих процессов в актуальном состоянии требует значительных финансовых затрат. Это связано с тем, что их коррекция при изменении системных и внешних факторов должна осуществляться достаточно часто, и со временем интенсивность и сложность таких изменений только нарастают. В связи с этим часто принимается решение отказаться от модификаций текущей версии и перейти к разработке новой версии системы. К существенным недостаткам такого подхода можно отнести и «семантический разрыв» между экспертами, архитекторами и разработчиками информационно-аналитических процессов. Кроме того, плавный переход между версиями информационных систем обычно крайне затруднителен [1].

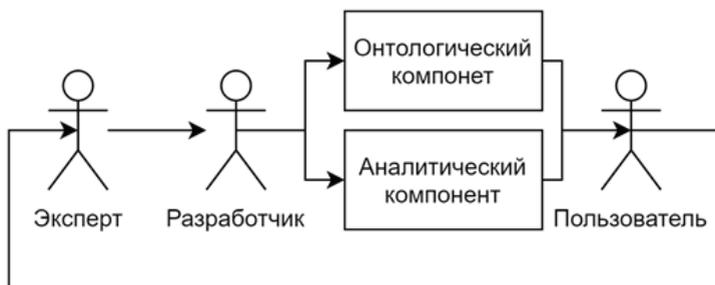


Рис. 1. Жизненный цикл разработки информационно-аналитических процессов, в рамках традиционного способа

Постоянное изменение внешних факторов и требований к реализации основных процессов и неуклонный рост объема информации разного качества из разнородных источников диктуют повышенные требования к качеству и эффективности адаптации, прежде всего информационно-аналитических процессов.

Перспективным подходом к развитию информационно-аналитических процессов в этих условиях является их создание без привлечения разработчиков программного кода. Разработчики создают программно-инструментальную среду на основе онтологического подхода (инструменты такой среды могут напрямую оперировать информационными сущностями информационно-аналитических процессов), а эксперты, используя возможности среды, реализуют базовые алгоритмические конструкции и разрабатывают информационно-аналитические системы и сами аналитические процессы (рис. 2).

Достоинством такого подхода является устранение «семантического разрыва» между экспертами, архитекторами и разработчиками информационно-аналитических процессов. При этом участие разработчиков необходимо только в тех случаях, когда требуется разработать новые или скорректировать существующие инструменты среды. С другой стороны, эксперты для реализации информационно-аналитических процессов должны обладать лишь базовыми навыками разработки процессов.

Несмотря на то, что финансовые и временные затраты на реализацию программно-инструментальной среды намного выше, чем на реализацию отдельных процессов «в коде», жизненный цикл программно-инструментальной среды может быть в несколько раз больше, при этом затраты на разработку новых и существующих информационно-аналитических процессов ниже, и, как правило, возможен плавный переход между версиями информационных систем [5].

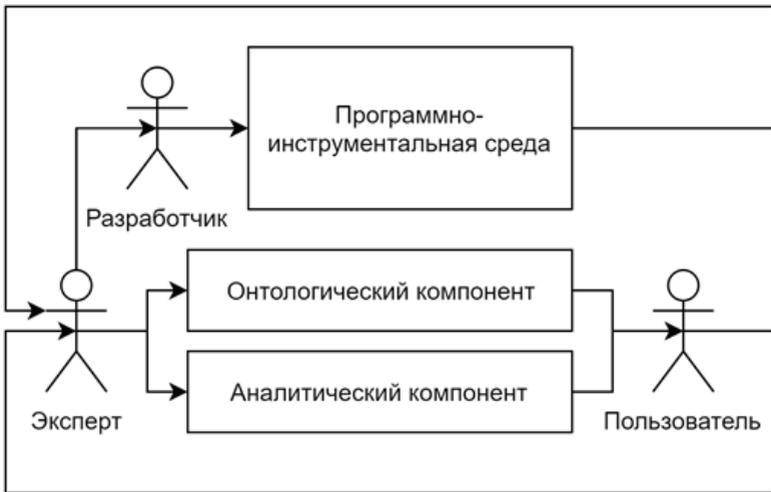


Рис. 2. Жизненный цикл разработки информационно-аналитических процессов, в рамках альтернативного способа

Все процессы в образовательных кибер-физических системах делятся на пользовательские и фоновые. Под пользовательскими процессами понимаются процессы, обеспечивающие поддержку диалога пользователя и системы в режиме реального времени.

Параллельно с пользовательскими процессами в образовательных кибер-физических системах существуют фоновые информационно-аналитические процессы, которые позволяют отложить получение результатов

своей работы на время, которое, чаще всего, обычно не превышает суток. К таким процессам можно отнести, к примеру, получение некоторых видов отчетов (отчета, по результатам работы за неделю/месяц/год, получение таблицы посещения сотрудника/отдела, получение графика работы на следующий месяц и др.), получение результатов аналитической обработки информации. Существуют фоновые процессы, которые необходимо выполнять с определенной периодичностью, без необходимости прямой команды от пользователя (раз в час/день/месяц/год), например, формирование блока агрегированных данных, рассылка уведомлений. Кроме того, часть фоновых процессов представляют собой реакцию на изменение данных в системе.

Правильное разделение процессов в системе на пользовательские и фоновые позволяет рационально использовать аппаратные ресурсы системы и обеспечивать необходимую информационную поддержку пользователя в рамках информационно-аналитического процесса (рис. 3).

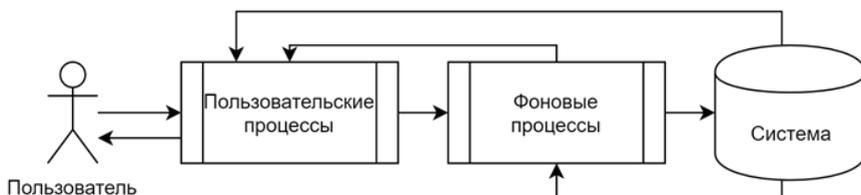


Рис. 3. Организация пользовательских и фоновых процессов в кибер-физической системе

В разработку информационно-аналитических процессов в образовательной кибер-физической системе, как правило, вовлечено несколько экспертов, что приводит к возникновению трудностей с унификацией внутрисистемной спецификации этих процессов. Эксперты, решающие одну и ту же проблему, могут руководствоваться другой логикой, использовать другую последовательность шагов и т. д.

В результате, когда одному эксперту необходимо изменить процесс, разработанный другим экспертом, ему необходимо потратить существенное время на выявление всех деталей процесса, чтобы быть уверенным, что изменение не нарушает логику работы существующих процессов.

Для ускорения разработки нового информационно-аналитического процесса или сокращения времени, необходимого для ознакомления с процессом, требуется преобразовать программный код, реализующий информационно-аналитический процесс, в читаемую схему. Используя схематический интерфейс, можно значительно ускорить разработку или модификацию структуры информационно-аналитического процесса.

В качестве примера реализации такого инструмента можно рассмотреть автоматическое построение блок-схемы процесса. К достоинствам такого подхода можно отнести быструю реализацию, возможность модифицировать информационно-аналитический процесс прямо на диаграмме. К недостаткам можно отнести слишком громоздкое изложение любого большого информационно-аналитического процесса.

В качестве эффективного подхода к решению данной проблемы предлагается метод моделирования и проектирования информационно-аналитических процессов в образовательных кибер-физических системах на основе иерархических нейро-нечетких сетей Петри [4]

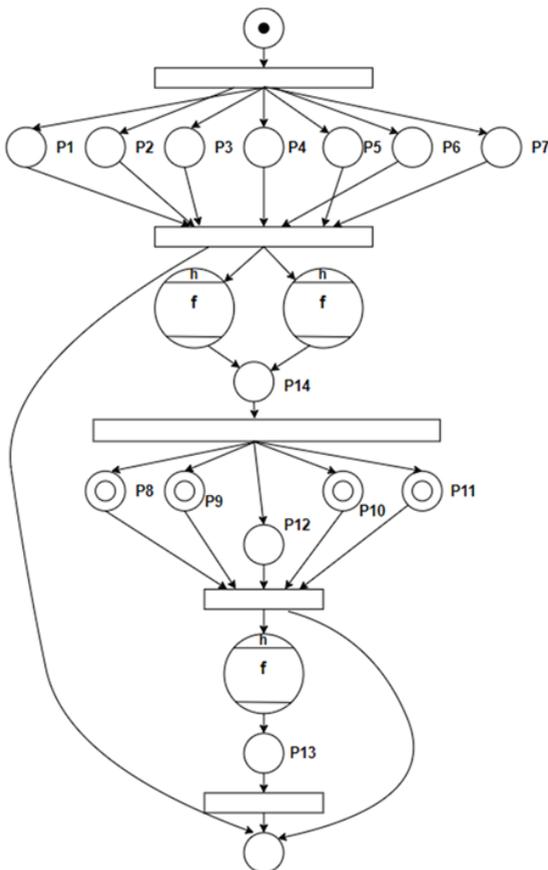


Рис. 4. Фрагмент нейро-нечеткой сети Петри для информационно-аналитического процесса

Предлагаемый способ включает в себя обобщенные стадии проектирования, моделирования, анализа и модификации информационно-аналитических процессов, которые многократно повторяются до тех пор, пока результаты не будут соответствовать установленным критериям.

На рисунке 4 показан фрагмент информационно-аналитического процесса, построенного на основе нейро-нечеткой сети Петри, построенной на основе нечетких нейронов Квана и Кей [2].

Позиции р1–р7 соответствуют информации о текущем состоянии системы, позиции р8–р11 обеспечивают переход к фоновым процессам системы, позиции р12–р14 содержат информацию об аппаратном обеспечении сервера.

В результате использования предложенного способа проводится диагностика, определяются достижимость различных событий информационно-аналитических процессов, их цикличность, устраняются «узкие места» процессов.

Предлагаемый способ также может быть использован для мониторинга состояния и управления информационно-аналитическими процессами в образовательных кибер-физических системах.

В качестве примера пользовательских процессов можно привести подсистему отслеживания успеваемости студентов в рамках интегрированной ИС Белорусско-Российского университета.



**Узнай свой рейтинг**

**Иванов Петр Сергеевич**

Портфолио студента

**Успеваемость студента**

Вид контроля	Аппаратное и программное обеспечение ЭВМ и сетей	Базы данных	Конфликтология	Операционные системы	Перевод технической литературы	Производственная практика	Социология	Технологии Интернет-программирования	ЭВМ и периферийное устройство	Экспертные системы	Элективные курсы по физической культуре	Средний балл
Экзамен	3	4	-	3	-	-	-	3	3	-	-	3,2
Дата	2020-06-22	2020-06-18	-	2020-06-13	-	-	-	2020-06-26	2020-06-09	-	-	
Зачёт	-	-	Зачтено	-	Зачтено	-	Не изучает	-	-	Зачтено	Зачтено	1
Дата	-	-	2020-06-04	-	2020-06-05	-	-	-	-	2020-06-05	2020-06-04	
Практика	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1-ый модуль	19	25	10	20	18	-	-	8	15	36	18	16,9
2-ой модуль	38	51	36	44	36	-	-	39	42	60	36	38,2

Пропусков - 8. По уважительной причине - 0. По неуважительной причине - 8.

Информация для студентов Инженерно-экономического факультета

Информация для студентов Электротехнического факультета

Рис. 5. Подсистема отслеживания успеваемости студентов

В интегрированной ИС Белорусско-Российского университета также функционируют фоновые процессы: формирование отчетов по успеваемости и посещаемости студентов, расчет стипендии, формирование писем родителям неуспевающих студентов и т. д.

### **Литература**

1. *Kendall E.F., McGuinness D.L., Ding Y., Groth P.* “Ontology Engineering” in *Ontology Engineering*. Morgan & Claypool, 2019.
2. *Kwan H.K., Cai L.Y.* A fuzzy neural network and its application to pattern recognition // *IEEE Trans. Fuzzy Systems*. 1994. Vol. 2. P. 185–193.
3. *Leveson N.G., Heimdahl M.P.E., Hildreth H., Reese J.D.* Requirements specification for process-control systems // *Software Engineering, IEEE Transactions on*. 1994. Vol. 20(9). P. 684–707.
4. *Lomazova I.A., Carrasquel Gamez J.C., Itkin I.L.* Towards a Formal Modelling of Order-driven Trading Systems using Petri Nets: A Multi-Agent Approach // *Proceedings of the MACSPRO Workshop*. 2019. P. 92–103,
5. *Misnik A., Krutolevich S., Prakupenka S., Lukjanov E.* Methodology for Development of Industrial Analytical Systems for Data Collection and Processing. // *Proceedings of the 14th International Conference on Interactive Systems: Problems of Human-Computer Interaction (Ulyanovsk, Russia 2019, September 24–27)*. Ulyanovsk, 2019. P. 223–231.

### **Сведения об авторах**

*Бобряков Александр Владимирович*, доктор технических наук, заведующий кафедрой управления и информатики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9498-9504>, e-mail: [avbob@mail.ru](mailto:avbob@mail.ru)

*Мисник Антон Евгеньевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий, межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский Университет», г. Могилев, Республика Беларусь, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4750-8138>, e-mail: [anton@misnik.by](mailto:anton@misnik.by)

*Прокопенко Сергей Александрович*, аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9404-2513>, e-mail: [puss95@yandex.by](mailto:puss95@yandex.by)