

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ СРЕДЫ

**А. В. ДРЕПАКОВА**

*(Белорусский государственный университет, г. Минск)*

**Аннотация.** В докладе обсуждается проблема повышения достоверности определения состояния киберфизических систем и оперативного принятия релевантных управляющих решений. Предложен комплексный подход к оценке, рассматривающий киберфизические системы как неотъемлемую часть окружающей среды. Представлен пример решения практической задачи.

**Ключевые слова:** киберфизические системы, принятие решений.

**Введение.** Киберфизическая система (КФС) – это интеллектуальный производственно-программный комплекс, управляющий территориально распределенными объектами и бизнес-процессами на основе сигналов, полученных по каналам связи от датчиков, характеризующих жизненный цикл КФС [1]. В настоящее время КФС рассматриваются в качестве базы для построения постиндустриальной экономики Industry 4.0 и других определяющих будущее мира крупномасштабных проектов [1]. Разработка КФС – сложный процесс, требующий значительных затрат времени и средств. Проблематика КФС носит комплексный междисциплинарный характер.

В число наиболее актуальных вопросов входит разработка методов, повышающих достоверность оценки состояния КФС и синтеза релевантных управленческих решений в условиях роста глобальной неопределенности.

В данной работе для повышения достоверности и унификации метода оценки состояния КФС рассматривается с системной точки зрения, т.е. как часть глобальной среды. Предлагается интегральный показатель текущего состояния КФС, соответствующий реально возникшей опасной для КФС ситуации независимо от места ее происхождения.

**1. Постановка задачи.** Пусть имеется КФС, функционирующая в динамической среде. Управление КФС осуществляет система (sys) по принципу обратной связи. Исходные сигналы (X) от датчиков (dt), характеризующие качество выполнения технологических и бизнес-процессов рассматриваются как входные данные для оценки состояния КФС и синтеза управляющих решений (U) в реальном масштабе времени (рисунок 1). Оценка и управляющее решение выводятся топ-менеджеру в удобной для восприятия форме.

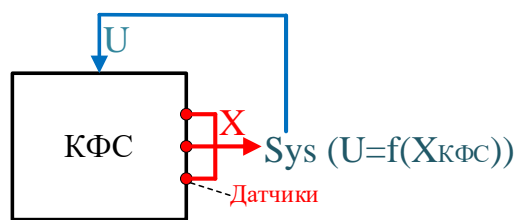


Рисунок 1. – Закрытая схема оценки состояния КФС

Типичный процесс синтеза решений в КФС сводится к пяти функциям:

$$S = f_1(dt) \quad (1)$$

$$X = f_2(S) \quad (2)$$

$$V = f_3(X) \quad (3)$$

$$U = f_4(V) \quad (4)$$

$$Vis = f_5(V, U) \quad (5)$$

Очевидно, что полученная оценка состояния  $V$  и решение  $U$  относятся только к КФС без учета возможных внешних воздействий. Для устранения этого недостатка требуется разработать методологию, учитывающую значимые факторы, не относящиеся непосредственно к инфраструктуре и бизнес-процессам КФС. Для разработки такой методологии необходимо преодолеть ряд объективных трудностей, к основным из которых относятся следующие [3]:

- список показателей, отражающих негативное влияние на КФС, постоянно изменяется;
- значения показателей негативного влияния измеряются в разных диапазонах значений разными алгоритмами;
- для безопасности синтезируемых оценок и управляющих решений они должны формироваться экспертами и модифицироваться в зависимости от ситуации.

В докладе обсуждаются модели и алгоритмы решения, в значительной мере преодолевающие эти трудности.

**2. Модели.** На основе анализа аварийных ситуаций с КФС [2] можно утверждать, что для объективной оценки состояния КФС и синтеза релевантного управляющего решения необходимо комплексное оценивание КФС с учетом состояния окружающей экологической, политической, экономической и социальной среды. Для развития этого подхода в данной работе использовались результаты [1, 2]

Для учета негативного или позитивного воздействия среды целесообразно классифицировать ее по удаленности от КФС. Первоначально автор выделял три

среды, что оказалось недостаточно. Предлагается открытый вариант, т.е. количество уровней (A, B, C, D...) определяют эксперты на местах, Эта классификация носит условный характер, но отражает реалии (рисунок 2).

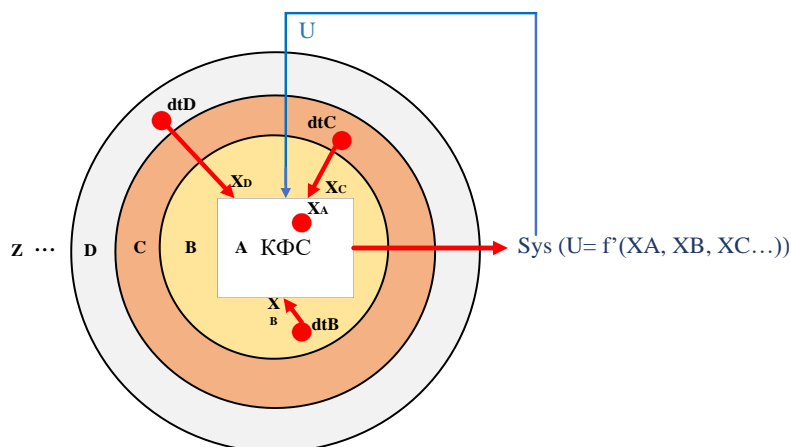


Рисунок 2. – Открытая схема оценки состояния КФС

Соответственно, входной вектор  $X$  получит дополнительные параметры:

$$X = f_{11} (L) \cup f_{12} (N) \cup f_{13} (F) \quad (6)$$

Данный вариант предпочтителен с практической точки зрения, т.к. позволяет неограниченно расширять спектр областей, потенциально влияющих на КФС, и выделять наиболее важные подобласти для ускорения обработки. При этом коды алгоритмов для нормализации и обработки  $X$  остаются неизменными. Трудность реализации заключается в сложности добычи знаний из данных различного типа, представляющих области  $N$  и  $F$  [3].

**3. Алгоритмы.** Для реализации схемы на рисунке 2 необходимо разработать четыре группы алгоритмов. Первая группа в диалоге с экспертом КФС строит структурно-информационную модель КФС. Вторая группа приводит (нормализует) входные гетерогенные данные (цифры, текст, графику, аудио) от всех источников к одному типу. Третья группа оценивает состояние КФС на основе нормализованных данных и синтеза релевантных решений. Четвертая группа визуализирует результат в наиболее удобной для ЛПР форме.

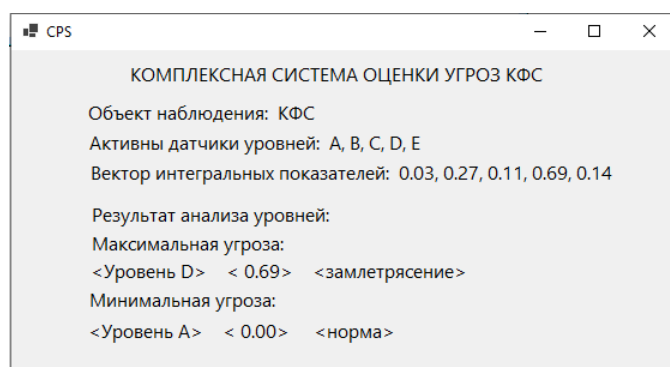
Реализация архитектуры возможна на любом популярном языке, включая C, C++, C#, Python. В данном случае использовался язык Python, т.к. для него разработан широкий спектр библиотек для анализа цифровых, текстовых и других типов данных.

**4. Решение прикладной задачи.** В качестве примера использования разработанного ПО решим следующую прикладную задачу. Пусть имеется компания, обеспечивающая получение гетерогенных данных мониторинга от датчиков КФС,

текстовых данных от ближней области (отзывы прессы), аудио данных из дальней области (снимки из космоса).

Полученные данные нормализуются и для каждой области формируется интегральный показатель.

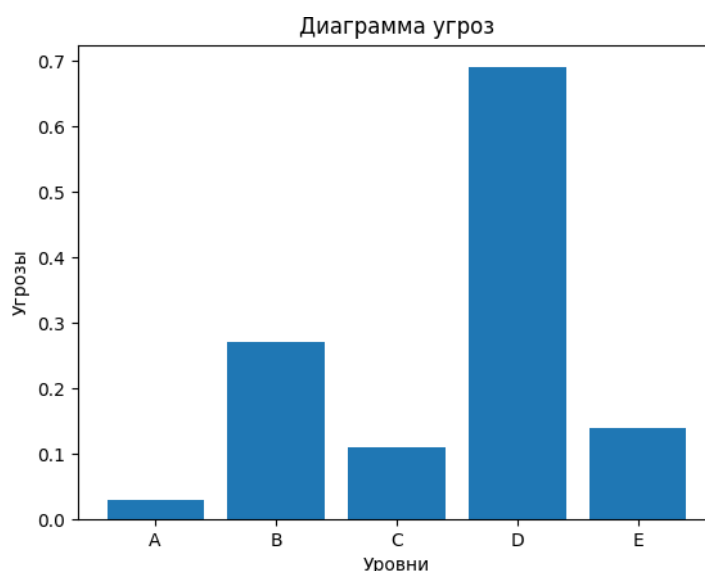
Текстовый вариант визуализации результата решения, полученный в рамках имитационного моделирования, представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3. – Вывод наиболее значимых результатов**

В данном варианте дается оценка органов управления – средняя, т.к. поздно зафиксирована угроза из дальней области.

Для оперативного восприятия результата анализа ситуации топ-менеджером предназначен графический вариант представления угроз из всех уровней, представленный на рисунке 4.



**Рисунок 4. – Визуализация угроз на всех уровнях**

Как текстовый, так и графический варианты могут сопровождаться голосовой интерпретацией, что усиливает уровень понимания результатов оценивания.

**Заключение.** Применение комплексного подхода, по сравнению с локальным, позволяет более обоснованно и достоверно выполнять оценку безопасности КФС, своевременно принимать решения, перераспределять ресурсы и реструктурировать процессы для нейтрализации негативных ситуаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Taha, V. Cyber-Physical Systems: A Model-Based Approach / V.Taha. – Springer, 2020. – 210 p.
2. Global Economic Effects of COVID-19. Congressional Research Service. – 2021. – 110 p.
3. Виссия, Х. Принятие решений в информационном обществе / Х. Виссия В. В. Краснопрошин, А. Н. Вальвачев. – СПб.: ЛАНЬ, 2019. – 227 с.