

Е. В. ЮРКЕВИЧ, Л. Н. КРЮКОВА
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ – НОВЫЙ МЕХАНИЗМ В ПОСТРОЕНИИ СОЦИО-КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Целью работы является рассмотрение методологии проектирования интеллектуальных моделей социо-киберфизических систем, учитывающих сочетание кибернетических характеристик hard-ware, soft-ware и специфику человеческого фактора разработчиков и пользователей. Для обеспечения индивидуальности конструктивных решений этих систем, согласно требованиям заказчика, в проектировании моделей использован системный анализ. Такую методологию предложено реализовать с помощью оптимизации дерева целей, определяющего вектор развития проектируемой модели по критерию важности их достижения; дерева информации определяющего структуру базы знаний, оптимизируемой по критерию стоимости получения ресурсов; дерева задач, позволяющего оптимизировать разработку социо-киберфизической системы по критериям двух построенных деревьев.

Интеллектуальность проектируемой модели определяется автоматизацией управления вектором ее развития согласно динамике полезности достижения поставленных целей. В связи с практическими ограничениями на количество имеющихся ресурсов поставлена задача оптимизации плана построения социо-киберфизической системы, дающей максимально ценные решения, при ограничениях на их стоимость. Предложенная методология применима к широкому классу задач, включая оптимальное распределение семплов в районированной выборке, решение квадратичной задачи и т. д. В рассмотренной постановке, построение социо-киберфизических систем относятся к NP-полным задачам. Пока не известен регулярный алгоритм, решающий их за разумное время, поэтому требуется выбор между точными алгоритмами, неприменимыми при размытых ограничениях, характеризующих человеческий фактор, и приближениях, позволяющих решать поставленные задачи, быстрее детерминированных или эвристических методов, но не гарантирующих строгость оптимальности найденных решений.

Введение. В настоящее время, при становлении постиндустриальной экономики, резко возрастает роль информации в обеспечении эффективности построения новых технологических конструкций [1]. Особую актуальность приобретает введение средств искусственного интеллекта в процесс создания таких разработок.

Традиционные подходы к формированию технических решений в основном базируются на принципе императивной формы данных, предоставляемых разработчиками. Сегодня требуется обеспечение индивидуальности таких решений согласно требованиям конкретного заказчика. Поэтому ориентация на динамику характеристик создаваемых средств предполагает необходимость оперативного учета человеческого фактора в виде обратной связи, корректирующей в режиме реального времени процесс создания модели.

Целью данной работы является рассмотрение механизмов организации разработок, позволяющих максимизировать возможности конструктивных решений создаваемых средств с обеспечением их устойчивости к воздействию человеческого фактора. Ставится проблема формирования социо-киберфизических систем, основанного на проектировании интеллектуальных моделей.

Механизмы проектирования интеллектуальной модели социо-киберфизической системы. В данной работе будем рассматривать модель как инструмент для решения конкретной задачи (или группы задач). Развитие программного обеспечения определило возможности введения в этот инструмент средств искусственного интеллекта. Такие средства дают возможность автоматической адаптации модели создаваемой конструкции к требованиям заказчика.

В связи с тем, что практически любую технологическую систему можно рассматривать как человеко-машинную, нами предлагается формирование методологии проектирования моделей социо-киберфизических систем (СКФС). Такая методология предполагает учет сочетания в конкретной работе особенностей формируемых технологий управления с характеристиками hard-ware, soft-ware, а также специфику человеческого фактора разработчиков и пользователей [2].

Методологически проектирование моделей СКФС предлагается строить на идеологии системного анализа [3, 4]. В данной работе такую идеологию будем формировать в виде оптимизации построения трех деревьев: дерево целей «А», определяющее вектор формирования проектируемой модели; дерево информации «В», определяющее характеристики базы знаний, используемой для работы с данной моделью; дерево задач «С», представляющее пути достижения целей из множества «А», согласно возможностям, определяемым множеством «В».

Дерево «А» будем строить, начиная с наиболее общей формулировки цели, определенной заказчиком разработки. С помощью декомпозиции такой начальной цели формируются множества подцелей, подподцелей и так далее. Этот процесс заканчивается, когда целевая формулировка каждого элемента построенного дерева будет определять требование конкретного действия. Таким образом формируется множество $A \ni \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$. Каждому элементу дерева a_i экспертно присваивается предельная полезность. Обозначим ее коэффициентом ценности технологического решения (v_i). Ставится задача, используя схему восходящего динамического программирования, найти ветви дерева «А», имеющие максимальную ценность.

Согласно задаче проектирования модели СКФС строится дерево «В». Его архитектура повторяет дерево «А». Дерево «В» должно определять эффективность использования имеющихся и требуемых ресурсов. В связи с их разнородностью в данном рассмотрении ресурсы будем характеризовать стоимостью (w_i).

Будем полагать, что для построения базы знаний с помощью дерева «В» требуется: предоставление информации о стоимости суммы ресурсов, необходимых для достижения соответствующей цели, определенной в дереве «А», и формирование приоритетов важности этих ресурсов согласно значениям множества $\{v_i\}$. В этой связи механизм формирования дерева «В» предлагается рассматривать как диалоговую технологию, в ходе которой должен учитываться человеческий фактор при взаимодействии специалистов в СКФС.

По сути, такая форма ведения разработки выступает как специальный вид организации информационного обеспечения, содержащего интеллектуальный продукт, основанный на познавательной деятельности разработчиков базы знаний. Например, на эффективность создания программно-технических систем влияют интерактивные и мультимедийные средства, мотивирующие разработчиков к эффективному использованию информационных ресурсов [5].

В построении дерева «В» интеллектуальный анализ информации – *Text Mining* рассматривается как частный случай *Data Mining*, т. е. нетривиальный процесс обнаружения новых, потенциально полезных, корректных и интерпретируемых закономерностей в данных. Примером реализации этой технологии является система *Nexidia*. Она распознает звуковую информацию объемом в 30 ч за 1 сек, что в 100 тысяч раз быстрее, чем стандартная скорость воспроизведения записи.

Из-за необходимости обработки большого количества информации встает проблема использования в СКФС компьютерных средств не только в виде текста или цифр, но и в форме речи или видеоряда. Особенностью систем интеллектуального анализа данных является необходимость обеспечения надежного интерфейса с организатором проектирования модели. В случае разработки многопрофильной модели для обработки информации может использоваться несколько блоков, каждый из которых должен работать в своей прикладной области (или нескольких областях) и на своем языке. Представляется целесообразным организовывать продуктивные взаимодействия и взаимоотношения между разработчиками. Весьма плодотворно расширение использования таких форматов совершенствования процесса разработки решений как деловые, ролевые игры, дискуссии, способствующие ускорению освоения опыта получения новых знаний.

Дерево «С» также строится в архитектуре дерева «А». Оно должно обеспечивать формирование множества решаемых задач, максимизирующих эффективность использования имеющихся ресурсов. Для построения дерева «С» задачи, решаемые для достижения целей, определенных деревом «А», будем рассматривать как элементы «С». Каждый из них характеризуется двумя параметрами – согласно анализу дерева «В», стоимостью (w_i) и, согласно анализу дерева «А», ценностью (v_i).

Практически всегда имеется ограничение на количество имеющихся ресурсов. В этом случае задача конструирования модели СКФС сводится к формированию множества задач с максимальной ценностью, соблюдая при этом ограничение на суммарную стоимость их решения.

В формализованной постановке такую задачу можно записать. Пусть для достижения каждой цели a_i требуется решение одной задачи. Следовательно, имеется n задач. Для каждой i -й задачи ($i=1,2, \dots, n$) известна ценность ее решения $v_i > 0$ и стоимость требуемых ресурсов $w_i > 0$. Ограничение суммарной стоимости решения всей совокупности задач определено как допустимое количество ресурсов W . Требуется сформировать множество задач, характеризуемых мно-

жеством $\{v_i, i=1,2,\dots,n\}$, удовлетворяющим условию $\max \sum_{i=1}^n v_i x_i$ при ограничениях $\sum_{i=1}^n w_i x_i \leq W$

и $x_i \in \{0,1\}$, где x_i – символ Кронекера, определяющий принятие или отказ от i -й задачи, $\forall i$.

Предлагаемая постановка допускает возможность обобщений, в зависимости от условий, наложенных на общее количество имеющихся ресурсов и на специфику количества задач. Например, не более одного значения ресурса для каждой задачи; не более заданного числа значений ресурсов для каждой задачи; произвольное количество значений ресурсов для каждой задачи; возможность мультивыбора, т.е. задачи разделены на группы и из каждой группы требуется выбрать только одну; множественные группы ресурсов – есть несколько групп ресурсов, каждая своего размера, каждая задача может быть отнесена к любой группе. Надо выбрать подмножества задач так, чтобы общие затраты каждого ресурса не превышали максимума по этому ресурсу, и при этом общая ценность решений была максимальна. Интеллектуальность такой модели определится формированием вектора ее развития согласно полезности достижения целей элементов дерева «А».

Заключение. Свобода в построении деревьев «А» и «В» позволяет решать широкий класс задач, например, оптимальное распределение семплов в районированной выборке или решение квадратичной задачи. Класс задач оптимизации построения СКФС относится к NP -полным, и для него неизвестен регулярный алгоритм, решающий их за разумное время. Эффективным направлением в решении NP -трудных задач оптимизации являются генетические алгоритмы. Они не гарантируют нахождение оптимального решения за заданное время и не дают оценку близости решения к оптимальному, но обладают хорошими временными показателями, позволяя найти достаточно хорошее решение быстрее других детерминированных или эвристических методов. Например, близость решения к оптимальному определяет функция приспособленности. Таковой может служить суммарная ценность решений, при условии, что их суммарная стоимость не превосходит общее количество имеющихся ресурсов. Поэтому в практическом рассмотрении в настоящее время требуется выбирать между точными алгоритмами, неприменимыми при «большой свободе» в ограничениях, и приближениями, которые работают быстро, но не гарантируют оптимального решения задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юркевич Е.В., Кривопапов Д.М., Крюкова Л.Н. Алгоритмические особенности надежного проектирования бортовых систем космических аппаратов // Южно-Сибирский научный вестник, 2019. № 2. С. 18-27.
2. Юркевич Е.В., Полетыкин А.Г., Промыслов В.Г., Степановская И.А., Крюкова Л.Н. Виртуализация инжиниринга процессов управления стойкостью космического аппарата к электрофизическим воздействиям. М.: ИПУ РАН, 2018. 168 с.
3. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. М., 1973.
4. Юркевич Е.В. Введение в теорию информационных систем / 2-е изд., испр. и доп. М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. 272с.
5. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Введение в теорию активных систем. М.: ИПУ РАН, 1996.

E.V. Yurkevich, L.N. Kryukova (Institute for Control Science V.A. Trapeznikov Russian Academy of Sciences, Moscow)

Model Design – a New Mechanism in Building Socio-Cyberphysical Systems

The methodology for designing intelligent models of socio-cyberphysical systems consideration is the purpose of this work. Socio-cyber-physical systems take into account the combination of hardware and software cybernetic characteristics and the specifics of the human factor of developers and users. The individual design solutions of these systems, according to the customer's requirements, system analysis ensure in the design of models. This methodology proposes to implement by the goal tree optimizing, which determines the vector of development of the projected model by the criterion of the importance of their achievement; information tree that defines the structure of the knowledge base, optimized by

the criterion of the cost of obtaining resource task tree that allows you to optimize the development of a socio-cyber-physical system based on the criteria of two built trees.

The intelligence of the designed model determines by automation of its development vector control according to the dynamics of achieving the set goals utility. Due to practical restrictions on the number of available resources, the task of optimizing the plan for building a socio-cyber-physical system that provides the most valuable solutions, with restrictions on their cost. The proposed methodology is applicable to a wide class of problems, including optimal distribution of samples in a zoned sample, solving a quadratic problem, and so on. In the considered statement, the construction of socio-cyber-physical systems are NP-complete tasks. Not yet known regular algorithm that solves them in a reasonable time, requiring a choice between accurate algorithms are not applicable under fuzzy constraints that characterize the human factor, and approximations that allow problems solve faster than deterministic or heuristic methods, but does not guarantee the rigor of optimality of the found solutions.