

Особенности развития технологий с использованием человеческого фактора

Features of the human factor using in the technology development

doi 10.26310/2071-3010.2021.278.12.006



Е. В. Юркевич,

д. т. н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник,
Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН
✉ Yurkevitch.evgenij@yandex.ru

E. V. Yurkevich,

doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of natural sciences,
V. A. Trapeznikov Institute of control science RAS, chief researcher

Для развития технологий в России предложена ориентация на седьмой технологический уклад с парадигмой «не догонять, а обгонять» развитые экономики других стран. В качестве характеристики этого уклада предложено использование гибридного интеллекта, сочетающего экспертные мнения и рекомендации средств искусственного интеллекта. Для рационального использования технологических ресурсов предложена модель организации цикла «разработка – производство – использование». В ее экономическом контуре отрицательная обратная связь определяет стабильность работы цикла, в психологическом контуре положительная обратная связь дает возможность интенсификации его развития. Методология использования специалиста, как участника технологии, обусловила проблему перевода образования из сферы услуг в сферу производства средств производства. Показано, что рациональность использования ресурсов во многом определяется культурой коммуникаций участников цикла, а важным фактором в подготовке специалистов является введение активного прогноза формирования знаний при использовании упреждающей обратной связи.

The paper proposes an orientation to the seventh technological order with the paradigm of «not catching up, but overtaking» for the development of technologies in Russia compared to the economies of other countries. As a characteristic of this way of development, the paper proposes hybrid intelligence as combining expert opinions and recommendations of artificial intelligence tools. The rationality of the resources use determined the construction of the technological cycle «development – production – using» organization model. The negative feedback in economic circuit determines the stability of the cycle, positive feedback in the psychological circuit makes it possible to intensify its development. The specialist using as a participant in technology has caused the problem of transferring education from the service sector to the production of means of production. The paper shows that the rationality of the use of resources largely determined by the culture of communication of the cycle participants, and the introduction of an active forecast of knowledge formation using proactive feedback is an important factor in the training of specialists.

Ключевые слова: технологии седьмого уклада, человеческий фактор, гибридный интеллект, стабильность экономического контура, развитие психологического контура, образование, культура коммуникаций, активный прогноз, упреждающая обратная связь.

Keywords: technologies of the seventh way, human factor, hybrid intelligence, stability of the economic circuit, development of the psychological circuit, education, culture of communication, active forecast, proactive feedback.

Введение

Одной из наиболее важных характеристик развития экономики России является выявление вектора ее динамики. Согласно принятым понятиям [1] технологическое развитие в мире характеризуется сменяющимися один другого укладами. В первом укладе использовались природные движители (вода, ветер), во втором — паровая тяга, в третьем — электричество, использование атомной энергии, аэрокосмических средств, в четвертом — комплексная автоматика, системы космических аппаратов, в пятом — микроэлектроника, роботостроение, биотехнологии, в шестом — освоение геной инженерии, средств искусственного интеллекта, нанотехнологий. Сегодня в экономике развитых стран доля производств, использующих технологии четвертого уклада составляет в среднем — 20%; пятого — 60%; шестого — около 5% [2].

В отечественном производстве пока преобладают третий и четвертый уклады. В этой связи одним из путей вхождения России в число наиболее экономически развитых держав может являться принятие парадигмы, определяющей тенденцию «не догонять, а обгонять». Действенным подходом в ее достижении может стать принятие, в качестве основного тренда

в работе хозяйственного комплекса страны, ориентации на седьмой уклад, понимая введение технологий пятого и шестого как условие для основного развития.

Важной характеристикой седьмого уклада является использование личностных качеств специалистов, участвующих в реализации технологий. Принятие парадигмы введения седьмого уклада ориентирует разработчиков на использование человека как элемента технологического процесса, а не только как пользователя. Следовательно, экспертные мнения, формируемые на основе рекомендаций, данных средствами искусственного интеллекта, должны рассматриваться как сигналы блоков гибридного интеллекта.

В данной работе будем понимать интеллект как характеристику элемента технологической системы, которая позволяет адаптировать выходные сигналы к изменяющимся условиям и корректировать сигналы управления этой системой в соответствии с результатами такой адаптации.

Методологически, построение систем с гибридным интеллектом предлагается базировать на сочетании оценок, полученных математическими методами, с субъективными оценками, сделанными на основе знаний, опыта и интуиции экспертов. Отметим, что

важной характеристикой являются ограничения в скорости и полноте адаптации процессов управления. Такие ограничения зависят от характеристик ИТ-средств и компетенций специалистов, участвующих в управлении.

Методология организации работы системы седьмого уклада

Пусть имеется цикл «разработчик – производитель – пользователь». Рассмотрим возможности организации его работы в рамках введения седьмого технологического уклада.

Важной особенностью такого подхода является необходимость учитывать различия критериев, по которым строят свою работу каждый из агентов этого цикла. Разработчик, создает продукцию своей организации согласно Государственным программам. Следовательно, в идеале, он должен ориентироваться на макроэкономические критерии, по которым эти программы сформированы. Производитель, будучи участником рынка, вынужден ориентироваться на микроэкономический критерий, который позволит данному предприятию максимизировать свою прибыль. Пользователя часто не интересуют экономические проблемы разработчиков и производителей, поэтому он ориентируется на личностный критерий выбора необходимых ему изделий.

Анализ такой модели показывает, что данным цикле информация передается от агента, работа которого является причиной такой передачи, к агенту, работа которого является следствием получения этой информации. В экономическом аспекте такая модель представляет собой замкнутый контур «разработка – производство – использование» с отрицательной обратной связью, обеспечивающей устойчивость его работы.

В то же время, влияние человеческого фактора вводит в данную модель психологическую составляющую. Производитель выбирает объекты использования своей продукции, которые обеспечивают его наиболее комфортную работу. Такой комфорт (при одинаковой экономической эффективности) часто определяется психологической совместимостью специалистов, обеспечивающих производство и эксплуатацию продукции. Будем понимать, что здесь действует положительная обратная связь, и чем выше такая совместимость, тем выше экономическая эффективность, а чем выше эффективность экономической, тем выше совместимость психологическая. Аналогично формируется взаимодействие «производитель – разработчик» и «разработчик – потребитель». Таким образом, рассмотрение психологических характеристик взаимодействия специалистов, как участников работы соответствующих агентов, показывает, что в данном рассмотрении информация передается в обратном направлении: «использование – производство – разработка».

В целом, предлагаемая модель предполагает постановку задачи развития технологий седьмого уклада в виде оптимизации работы психологического контура, при ограничениях, определяемых контуром экономи-

ческим. В этой связи для рассмотрения технологии управления контуром предлагается ведение понятия «социокиберфизическая система» (СКФС).

В данной работе она понимается как развитие построения встроенных систем реального времени в распределенные вычислительные средства. В качестве реализации технологии СКФС предлагается использовать нейросети, определяющие работу цифрового двойника как модели цикла, реализующего искомым технологический уклад. Например, с целью обеспечения устойчивости рассматриваемого цикла, механизмы управления предлагается формировать на базе интеллектуальных платформ.

В частности, введение модулей с искусственным интеллектом дает возможность специалистам принимать решения с использованием рекомендаций, формируемых программно-техническими средствами. Достоинством этого подхода является использование возможностей управления рисками с помощью обученных нейросетей. В результате появляется возможность адаптации реакций агентов цикла к изменяющимся внешним условиям, что существенно влияет на живучесть всего цикла в целом. Собственно, живучесть нами рассматривается как «свойство системы противостоять возмущениям, не допуская их каскадного разветвления» [4].

В данной работе принято, что характеристики воздействия внешних факторов не определены, и психофизиологические свойства специалистов также практически не формализованы. В этих условиях для оценки возможностей обеспечения живучести цикла предлагается модель СКФС, рассматриваемая как «большая система».

Традиционно система определяется значениями параметров взаимосвязи между ее элементами. В данной работе принято, что «большая система» характеризуется функциями, определяющими связи агентов цикла.

В силу неопределенности обобщенного представления этих функций информационные потоки между агентами формировались на примерах рассмотрения таких сегментов СКФС как умная организация выполнения Государственных программ, умные сети передачи информации, умная инфраструктура цикла [5]. Общим требованием к этим сегментам явилась организация передачи сообщений, инвариантных к случайным воздействиям на каждый из агентов цикла.

Важным достоинством такой модели, является возможность введения нейросети в канал формирования базы знаний. В результате, анализ характеристик вычислительных и людских ресурсов показал, что используемые средства искусственного интеллекта повышают пропускную способность каналов связи при восприятии поступающей информации.

Применение теоремы Шеннона об устойчивости передачи информации без шума [6] к задаче организации работы рассматриваемого цикла определяет, что, если нет посторонних воздействий, а мощность источника не превышает пропускную способность канала связи, то сообщение, передаваемое между агентами СКФС, всегда можно представить так, что оно будет принято без искажений и очередей. В качестве

следствия из этой теоремы, нами предложена теорема «О функциональной надежности работы системы управления без помех».

Теорема: если функциональная надежность управляемого агента не меньше функциональной надежности управляющего агента, то при отсутствии помех работу этой системы управления всегда можно построить так, что ее живучесть будет соответствовать функциональной надежности управляющего агента без дополнительных коррекций.

Подтверждением этой теоремы служат результаты вычислительного эксперимента, позволяющего оценить эффективность организации работы агентов цикла, учитывающей возможность изменения воздействий внешних факторов. В качестве инструментов такого эксперимента использовалась методология IDEF [7], реализуемая с помощью пакета ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing), позволяющего отображать и анализировать модели деятельности широкого диапазона систем. При этом, если широту и глубину обследования процессов в работе каждого из агентов определяет сам организатор цикла, то это позволяет не перегружать создаваемую модель излишними данными.

Важным затруднением в проведении эксперимента явился анализ пропускной способности каналов связи СКФС. В данной работе было принято, что ошибки в передаче сообщений оценивались с помощью теста множителей Лагранжа. Следует отметить, что получение достоверных выводов на основании использования этого теста требует наличия большой выборки, однако он позволяет давать более строгие оценки, чем, например, тест отношения правдоподобия или тест Вальда.

В нашем случае, с помощью множителей Лагранжа, оценивались параметры модели с учетом ограничений в реакциях на внешние воздействия каждого агента рассматриваемого цикла. В качестве базовой была принята модель при отсутствии воздействий: $g(b)=0$, где g – вектор характеристик функций отдельного агента. Его работа была описана вектором параметров (b) , а логарифмическая функция правдоподобия для этой модели записана как $l(b)$. Теперь функция Лагранжа, позволяющая оценить модель, была построена в виде:

$$F(b, \lambda) = l(b) - \lambda^T g(b).$$

В целом, условия максимума эффективности работы рассматриваемого агента были представлены:

$$\frac{\partial F(b, \lambda)}{\partial b} = \frac{\partial l(b)}{\partial b} - G(b)\lambda = 0, \quad G(b) = 0,$$

$$G(b) = \frac{\partial g(b)}{\partial b}.$$

Надо полагать, что если ограничения выполняются, то множители Лагранжа должны быть равны нулю. В практических расчетах, в связи с тем, что в модели использовались величины оценок, а не «истинные значения» параметров, то множители Лагранжа рассматривались только как приближающиеся к нулевому значению [8].

Важное практическое замечание: в общем случае кортеж параметров, характеризующих средства обе-

спечения устойчивости работы рассматриваемого агента, методы и точность определения оценок такой устойчивости, а также формы представления результатов его взаимодействия с другими агентами должны определяться наперед поставленными задачами. При этом состав, а также обоснование необходимости и достаточности выбранных показателей, которые следует использовать для рассмотрения, обуславливается целью каждой из оценок.

Анализ условий обеспечения устойчивости работы цикла показал, что одной из важных причин сбоев в работе его агентов является несоответствие требований по надежности, определенных в техническом задании на их организацию, и изменений в условиях работы цикла в целом.

В данной работе, для углубленного анализа реакций работы цикла на внешние воздействия, предложено использовать технологию big data, как фактор информационной поддержки ее устойчивости. С помощью такой технологии предполагается введение механизмов учета динамики состояния агентов как элементов больших систем.

Критерий «Культура коммуникаций»

Как отмечалось в постановке задачи данной работы, важной особенностью технологии седьмого уклада, представленной в виде рассматриваемого цикла, является различие в критериях работы каждого из агентов. Для обеспечения устойчивости его развития ставится задача предложить критерий организации технологий, инвариантный к использованию этих критериев.

В качестве такого критерия нами предлагается «Культура коммуникаций». Будем понимать, что этот параметр является характеристикой участников процесса передачи информации, определяющей важность для каждого из них реакции других агентов цикла на передаваемые сообщения.

Фактически культура коммуникаций является характеристикой обратной связи, влияющей на устойчивость управления в организации работы и развития технологий. Анализ практических ситуаций показал, что использование таких оценок позволяет выделять наиболее ценную для получателя информацию, согласовывать возможности реализации требований к совершенствованию проектируемой системы; минимизировать количество ресурсов, используемых в проектировании и прогнозировании характеристик этой системы; формировать доступность интерфейсов для использования специалистами.

Важным фактором, влияющим на возможность обеспечения устойчивости работы рассматриваемого технологического цикла, является образование сотрудников в его агентах.

Согласно характеристике седьмого уклада, подготовка таких сотрудников является базовым этапом в создании интеллектуальных средств, реализующих соответствующие технологии. Следовательно, в таком рассмотрении ставится вопрос об организации образования как производства средств производства интеллектуального продукта.

Стратегически задачи формирования седьмого технологического уклада определяют проблему смены парадигмы подготовки специалистов. Традиционно технологии образования строятся на парадигме «субъект – объект», т. е. на максимизации передачи преподавателем (субъектом) содержания учебного курса (объекта).

Для седьмого уклада актуальна проблема перевода образования из сферы образовательных услуг в сферу производства средств производства. Специалисты из пользователей становятся участниками работы технологического цикла. В этой связи неизбежна коррекция парадигмы образования.

Парадигма «субъект – субъект» снимает противопоставления между преподавателем и студентом как между субъектами отношений. Теперь в качестве базового принимается постулат: переход от «обучения» к «образованию», т. е. переход от научения технологиям к формированию личности специалиста определяется гармонизацией отношений «преподаватель – студент».

Традиционно целью образования является формирование знаний. В соответствии с новой парадигмой сведения, получаемые студентами, являются только информационными ресурсами. Знаниями они станут, когда будут структурированы по приоритетам важности для того, кто такие ресурсы получает. В этой связи одной из основных проблем, стоящих перед организаторами образования, является разработка алгоритмов управления формированием приоритетов в соответствии со стратегией развития технологий.

Спецификой этого формирования является существенность влияния характеристик ноосферы, введенной И. В. Вернадским, как сферы духа [9]. Будем полагать, что вектор формирования приоритетов человека во многом определяется его духовным настроем. Душевыми качествами определяется форма достижения этих приоритетов. Следовательно, основным фактором формирования знаний является регулирование ноосферной составляющей. Принятие этого положения определяет важность гуманитарных дисциплин в программах подготовки специалистов. Учет ноосферной составляющей является фактором, определяющим приоритеты в восприятии учебного материала, и, соответственно, в образовании знаний, что определяет важность гуманитарных дисциплин.

Принцип упреждающей обратной связи

Известно, что физиология познания человека, от восприятия информации до формирования мышления ориентирована на использование символов и образов [3]. Благодаря такой функции человек структурирует окружающий его мир с помощью символов, воспринимая его через образы, являющиеся сверткой информации. В данном рассмотрении примем, что символ — это форма обобщенного представления класса объектов, позволяющая выделить цель их рассмотрения. В таком случае, образ — форма представления конкретного объекта с помощью характеристик, упорядоченных одним или несколькими участниками процесса передачи информации.

Согласно выводам [3], в качестве необходимого условия гармонизации отношений студентов и преподавателя будем рассматривать близость их целеполагания. В терминах данной работы такая близость выражается в совпадении символов, обозначающих цель формирования знаний.

Если у преподавателя культура коммуникаций велика, то, при гармонии отношений, он понимает желания студентов. В этом случае он может формировать вектор знаний на основании своего прогноза восприятия ими предлагаемой информации. Использование этого приема будем характеризовать как применение упреждающей обратной связи. Такая связь может быть отрицательной или положительная, а также эффективной или деструктивной.

Например, одной из форм реализации упреждающей обратной связи является похвала. На первый взгляд она является положительной обратной связью, но особенностью похвалы является необходимость однозначного указания предмета связи. Спонтанная похвала может быть воспринята студентом по-своему, и вызвать неожиданные изменения в поведении или активировать нежелательные формы реакции. Другим примером упреждающей обратной связи могут служить сведения, связанные с нахождением критериев оценки качества объекта или процесса, а также с предложением пути решения нечетко поставленной задачи.

Благодаря использованию упреждающей обратной связи студенты могут научиться давать оценки работе коллег. Предоставление студентам возможностей высказываться и получать обратную связь обогащает их учебный и профессиональный опыт.

Во время предоставления упреждающей обратной связи преподаватели имеют возможность не только направлять студентов, но и обучать навыкам самооценки и постановки целей, что делает их более самостоятельными без потери эффективности обучения. В психологии производства такая обратная связь является инструментом повышения грамотности обучающихся и стимулирования работников к формированию профессиональных навыков.

Выводы

Анализ модели организации технологического цикла показал, что для интенсификации развития хозяйственного комплекса страны актуальна проблема перевода образования из сферы образовательных услуг в сферу производства средств производства. Качество работы технологического цикла и рациональность использования ресурсов во многом определяется культурой коммуникаций его участников.

Разработку учебных курсов и образовательных программ с введением гуманитарных дисциплин требуется сделать прерогативой государства, их нельзя подчинять требованиям рынка. При этом важным фактором обеспечения развития подготовки специалистов является построение образования с технологией активного прогноза формирования их знаний при использовании принципа упреждающей обратной связи.

Список использованных источников

1. Л. К. Гуриева. Концепция технологических укладов//Инновации. 2004. № 10. С. 70-75.
2. В. А. Садовничий, А. А. Акаев, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М.: ИСПИ РАН, 2012. 359 с.
3. Е. В. Юркевич. Введение в теорию информационных систем. М.: ИДТ 2007 312 с.
4. В. А. Каштанов, А. И. Медведев. Теория надежности сложных систем (теория и практика). М.: «Европейский центр по качеству», 2002. 273 с.
5. Б. С. Гольдштейн, И. М. Ехриель, Р. Д. Рерле. Интеллектуальные сети. М.: Радио и связь, 2000. 500 с.
6. К. Шеннон. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. 865 с.
7. Р 50.1.028-2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования.
8. М. А. Айзерман. Классическая механика. М.: Наука, 1980. 165 с.
9. В. И. Вернадский. Биосфера и ноосфера. М., 2003. С. 242-552.

References

1. L. K. Guriyeva. The concept of technological structures//Innovations. 2004. № 10. P. 70-75.
2. V. A. Sadovnichiy, A. A. Akaev, A. V. Korotaev, S. Yu. Malkov. Modeling and forecasting of world dynamics. M.: ISPI RAN, 2012. 359 p.
3. E. V. Yurkevich. Introduction to the information systems theory. M.: IDT, 2007. 312 p.
4. V. A. Kashtanov, A. I. Medvedev. Complex systems reliability theoryf (theory and practice). M.: «European Center for Quality», 2002. 273 p.
5. B. S. Goldstein, I. M. Ekhriyel, R. D. Rerle. Intelligent networks. M: Radio and communication, 2000. 500 p.
6. K. Shannon. Information theory and cybernetics works. M.: Publishing house of foreign literature, 1963. 865 p.
7. R 50.1.028-2001 Information technologies for product life cycle support. Functional modeling methodology.
8. M. A. Aizerman. Classical mechanics. M.: Nauka, 1980. 165 p.
9. V. I. Vernadsky. Biosphere and noosphere. M., 2003. S. 242-552.