

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ С ТЕХНОЛОГИЯМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В.В. Сидорин

Автономная некоммерческая организация

«Институт испытаний и сертификации вооружения и военной техники»

(АНО «ИнИС ВВТ»),

Россия, 111524, г. Москва, Электродная ул., 10

Аннотация. На основе анализа тенденций в смене подходов к обеспечению качества продукции и управлению конкурентоспособностью дан прогноз перехода к следующему этапу - этапу опережающего развития организации, в основе которого - концепция активного воздействия на потребительскую среду, управление спросом и удовлетворённостью потребителей. Рассмотрены предпосылки и условия для реализации концепции опережающего развития в масштабе организации. Показано, что средством реализации концепции может быть система менеджмента качества (СМК) организации с новыми технологиями - технологиями искусственного интеллекта (ИИ). Объединение методов менеджмента качества, обеспечивающих устойчивое развитие организации, с технологиями ИИ создаёт возможность получения синергетического эффекта - достижения организациями состояния опережающего развития и владения инструментом управления удовлетворённостью потребителей активным воздействием на формирование потребительского спроса. Представлена функциональная структура и функции составляющих интеллектуальной СМК (И-СМК) с технологиями ИИ - искусственной нейросетью, технологиями прогнозирования, моделирования, обработки большого объёма данных. Показана роль ИИ в СМК, имитирующего когнитивную деятельность принимающих решения должностных лиц, как возможность прогнозирования, анализа большого объёма данных, моделирования, выработки вариантов решений и их оптимизации. Предложена организационная информационная модель интеллектуальной СМК (И-СМК) с функциями прогнозирования и принятия решений на всех уровнях управления, реализуемых технологиями ИИ. Рассмотрены наиболее перспективные для применения в И-СМК экстраполяционные методы прогнозирования - Байесовские сети, Марковский анализ, метод таблицы истинности (ТТМ). Рассмотрены возможные подходы к разработке и внедрению И-СМК. Даны предложения и рекомендации по постановке и выполнению работ с целью интегрирования технологий ИИ в СМК.

Ключевые слова: опережающее развитие, интеллектуальная система менеджмента качества, искусственный интеллект, прогнозирование, искусственная нейросеть, цифровые информационные технологии, единая информационная среда

Для цитирования:

Сидорин В. В. Система менеджмента качества организации с технологиями искусственного интеллекта // Организатор производства. 2024. Т.32. № 1. С. 54-70. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.38.89.005

Сведения об авторе:

Сидорин Виктор Викторович (wwsid@yandex.ru), д-р техн. наук, профессор, руководитель Учебного центра

On author:

Sidorin Victor V. (wwsid@yandex.ru), Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Training Center

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF AN ORGANIZATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

V.V. Sidorin

Autonomous non-profit organization

*"Institute for Testing and Certification of Weapons and Military Equipment",
(ANO "InIS VVT"),*

Russia, 111524, Moscow, Elektrodnaya st., 10

Abstract. Based on an analysis of trends in changing approaches to ensuring product quality and managing competitiveness, a forecast is given for the transition to the next stage - the stage of advanced development of the organization, which is based on the concept of active influence on the consumer environment, managing demand and consumer satisfaction. The prerequisites and conditions for the implementation of the concept of advanced development on an organization scale are considered. It is shown that the means of implementing the concept can be the quality management system (QMS) of an organization with new technologies - artificial intelligence (AI) technologies. Combining quality management methods that ensure the sustainable development of an organization with AI technologies creates the possibility of obtaining a synergistic effect - organizations achieving a state of advanced development and mastering a tool for managing consumer satisfaction with an active influence on the formation of consumer demand. The functional structure and functions of the components of an intelligent QMS (I-QMS) with AI technologies - artificial neural network, forecasting, modeling, and large-volume data processing technologies are presented. The role of AI in QMS is shown, simulating the cognitive activity of decision-making officials, as the ability to forecast, analyze a large amount of data, model, develop decision options and optimize them. An organizational information model of an intelligent QMS (I-QMS) with forecasting and decision-making functions at all levels of management, implemented by AI technologies, is proposed. The most promising extrapolation forecasting methods for use in I-QMS are considered - Bayesian networks, Markov analysis, truth table method (TTM). Possible approaches to the development and implementation of I-QMS are considered. Suggestions and recommendations are given for setting up and performing work with the aim of integrating AI technologies into the QMS.

Key words: advanced development, intelligent quality management system, artificial intelligence, forecasting, artificial neural network, digital information technologies, unified information environment

For Citation:

Sidorin V. V. Quality management system of the organization with artificial intelligence technologies // Production Organizer. 2024. Vol.32. No. 1. Pp. 54-70. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.38.89.005

Введение

Смена концепций в обеспечении качества продукции, обусловленная сменой приоритетов потребителей и целевых ориентиров на каждом из этапов, требовала и требует постоянного обращения к наиболее эффективным подходам, методам и

средствам их достижения. Неизменным остаётся стремление организаций и целых отраслей к обеспечению и удержанию состояния своей конкурентоспособности и конкурентоспособности своей продукции, других результатов своей деятельности (табл.1).

Смена подходов и методов обеспечения качества продукции

Table 1

Changing approaches and methods of product quality assurance

Методы	Этап развития	Цель и результат
Технологии искусственного интеллекта, управление данными, прогнозирование результатов	Лидерство в создании инновационной продукции. Активное влияние на спрос потребителей	СМК опережающего развития
Цифровые информационные технологии, менеджмент цепи поставок	Соответствие перспективным требованиям, предлагаемых создателем продукции	СМК устойчивого развития
Маркетинг, инновационная деятельность. Опережающая стандартизация	Соответствие не сформулированным, (скрытым) ожиданиям потребителей	Формирование бренда
Бездефектное производство, СМК	Соответствие требованиям потребителей	Конкурентоспособность
Объединение структурных подразделений в единую систему	Соответствие использованию (варианты конструкции, дополнительные возможности, опции)	Расширение рынка сбыта
Статистические методы контроля и организационная структура производства	Соответствие стандарту	Удовлетворение требованиям потребителя

Так, в концепции «соответствие стандарту» [1-4] наиболее эффективным методом удовлетворение требованиям потребителя оказался статистический контроль и управление, статистическое мышление в целом, а средством его применения – реализующая их соответствующая организационная структура производства.

Расширение рынка сбыта потребовало создания продукции с учётом особенностей её применения, использования, условий эксплуатации. Решение проблемы обеспечивали создаваемые на основе базового изделия дополнительно разрабатываемые различные варианты конструкции с изменённым набором свойств, характеристик, создающие потребителю дополнительные возможности, опции, обеспечивая тем самым соответствие продукции более широкому составу требований и, соответственно, расширению

рынка сбыта. Для организаций и предприятий, разрабатывающих и выпускающих продукцию, это потребовало объединение структурных подразделений в единую систему – прообраз системы менеджмента качества.

Целевым ориентиром следующего этапа по обеспечению качества продукции – стала её конкурентоспособность и конкурентоспособность организаций и предприятий её создающих. Управление конкурентоспособностью сопровождалось разработкой системы показателей конкурентоспособности и подходов к достижению конкурентных преимуществ, стратификации потребительской среды, развитием маркетинга и поддержания состояния конкурентоспособности организаций и предприятий [2;3]. Критерием эффективности стало соответствие требованиям потребителей, а средством успешной реализации концепции управления

конкурентоспособностью – бездефектное производство, комплексный, процессный и системный подход на основе всеобщей концепции менеджмента качества (TQM), а затем и единой модели системы менеджмента качества (СМК) по стандартам ИСО [5;6].

Стремление к уникальности, исключительности создаваемой продукции и конкурентоспособности организации, её создающей, привело к управлению деятельностью по формированию бренда. В её основе - выявление и удовлетворение требований к продукции, ещё не сформулированных, но ожидаемых, скрытых(латентных) потребностей различных потребительских групп, деятельность по созданию уникальной, инновационной продукции. Маркетинг, управление инновациями, опережающая стандартизация и ряд других методов и средств обеспечивали эффективность подходов к обеспечению качества продукции на этом этапе.

Соответствие перспективным требованиям заказчиков к продукции, в т.ч. в результате решений, предлагаемых создателем продукции, характеризует следующий этап в развитии концепций обеспечения качества продукции. Это – концепция качества организации и её устойчивого развития [7-9].

Потребность в переходе к этапу стабильного качества создаваемой продукции и устойчивого развития организации обусловлена стремительно возрастающей наукоемкостью, конструктивной и технологической сложностью как продукции, так и технологий и технологического оборудования. А также - зависимостью конечного результата от многих влияющих факторов, деятельностью в цепи поставок многочисленных организаций-партнёров, поставщиков, заказчиков, необходимостью в получении, анализе и использовании большого количества информации. Стабильность качества создаваемой

продукции и устойчивое развитие организаций, её создающих, потребовало модели СМК, включающей такие механизмы управления как риск-ориентированное мышление, управление изменениями, менеджмент цепи поставок. А для повышения скорости получения и обработки большого объёма информации, - цифровых информационных технологий [6;10]. Это состояние характеризует современный подход к обеспечению качества продукции.

Последующее удержание лидерских позиций и конкурентных преимуществ в своих отраслях, направлениях деятельности, видах продукции и услуг с учётом тенденций и динамики их развития требует поиска новых соответствующих им эффективных методов и средств. Экстраполяция траектории развития подходов к обеспечению качества в представленной смене концепций на ближайшую и среднесрочную перспективу даёт основание для прогноза основного содержания следующего её этапа - этапа активного влияния на потребителей, на формирование содержания и структуры потребительского спроса. Принципиальное его отличие от всех предшествующих – активное воздействие со стороны организаций, создающих продукцию, на потребительскую среду, опережение своими предложениями запросов потребителей.

Для достижения такого состояния и работы на опережение и управление потребительской средой через прогнозирование спроса, активное влияние на потребителей и продвижение своей инновационной продукции организациям необходимы соответствующие методы и средства. Наиболее подходящими для решения этих задач в настоящее время являются технологии искусственного интеллекта и системный подход к их применению. Объединение менеджмента качества, обеспечивающего устойчивое развитие организации, с технологиями искусственного интеллекта позволит получить синергетический эффект -

опережающее развитие и управление удовлетворённостью потребителей активным воздействием на формирование потребительского спроса.

1. Предпосылки и условия для реализации концепции СМК опережающего развития – интеллектуальной СМК

В основе каждого из подходов к управлению качеством - свои методы и

критерии для принятия того или иного решения и достижения актуальной для соответствующей концепции цели. Траектория развития подходов к обеспечению качества продукции свидетельствует о том, что возможность перехода к более высокой степени управляемости достигалась и обеспечивалась благодаря единству новых технологий управления и обеспечивающих их технических средств (рис.1).

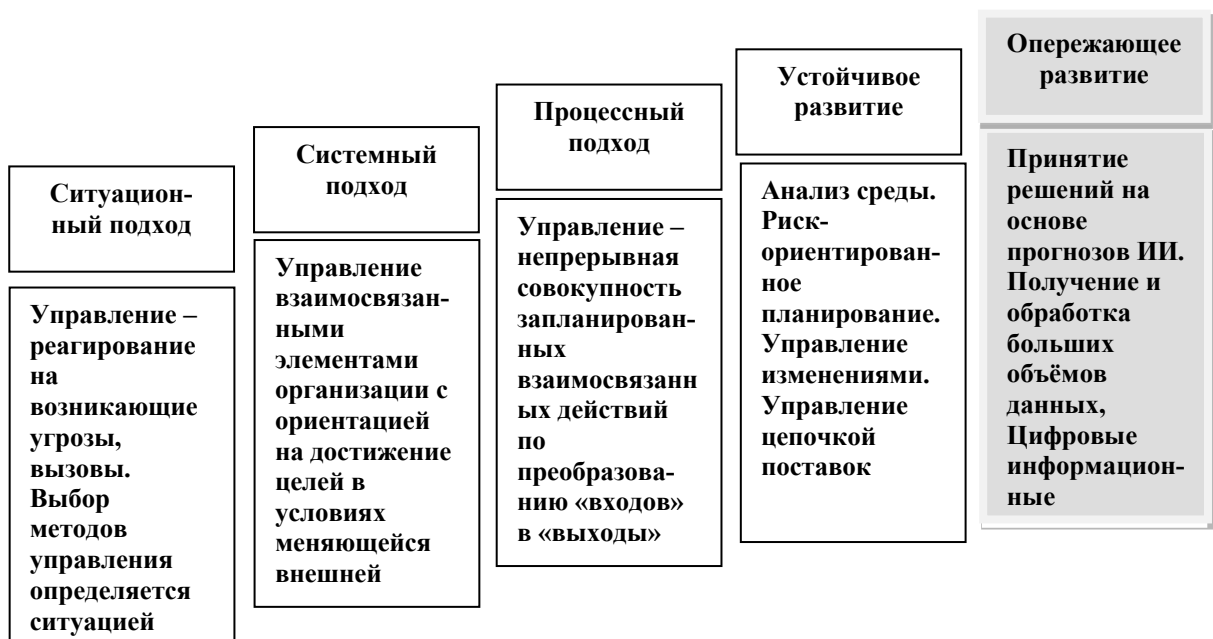


Рис. 1. Подходы и технологии обеспечения качества продукции и управления организацией

Fig. 1. Approaches and technologies for product quality assurance and organization management

Так, управление в ситуационном подходе – реагирование на возникающие угрозы, вызовы адекватными методами в сложившейся ситуации, статистическими методами управления, организационной структурой организации. Их выбор и эффективность применения определяется профессионализмом высшего руководства и принимающих решения должных лиц. От статистического управления автоматизированными процессами к бездефектному производству, а затем к

системному и процессному менеджменту переход оказался возможным благодаря развитию методов и средств получения и обработки постоянно увеличивающегося объёма информации. Получение стабильного результата, воспроизводимого качества происходило за счёт минимизации или исключения негативного влияния человеческого фактора методами и средствами автоматизации, унификации, типизации, стандартизации производственных и управленческих

процессов, не затрагивая и сохраняя творческое его содержание и ответственность за результаты деятельности.

Последовавший за ним системный подход обратился к управлению взаимосвязанными элементами организации с ориентацией на достижение целей в условиях меняющейся внешней среды, а дополнивший его процессный подход - к управлению как к непрерывной совокупности запланированных взаимосвязанных действий по преобразованию «входов» в «выходы». Дополнившие их анализ среды, риск-ориентированное мышление при планировании и постановке достижимых целей вместе с управлением изменениями, потребностью в постоянном улучшении и менеджментом цепочкой поставок и другими инструментами, наделили СМК механизмом самосовершенствования организации и трансформировали СМК в механизм устойчивого развития организации с ориентацией на достижение удовлетворённости потребителей.

Современная фаза в развитии СМК - это модель системы устойчивого развития организации и обеспечения конкурентоспособности создаваемой продукции с широким применением цифровых информационных технологий (ЦИТ) в процессах управления как в масштабе организации, так и по всей цепи поставок [11-13].

На следующий этап развития подходов к обеспечению качества продукции и конкурентоспособности организаций, её создающих с высокой степенью вероятности указывает экстраполяция траектории развития СМК на ближайшую перспективу. Это этап опережающего развития организации. Он востребован и обусловлен как объективными, так и субъективными обстоятельствами.

Основной из объективных факторов для организации - это необходимость, как минимум, удержания своих конкурентных преимуществ. Адекватное для этого средство

- лидерство в создании инновационной продукция и активное влияние на спрос потребителей, формирование потребительского спроса, управление их удовлетворённостью.

Субъективные факторы – зрелость системы менеджмента и потребность в соответствующих средствах эффективного управления организацией. Такие возможности содержат в себе технологии искусственного интеллекта (ИИ), управления данными, прогнозированием результатов.

Предпосылкой реализации концепции СМК опережающего развития на основе технологий искусственного интеллекта, т.е. интеллектуальной СМК (И-СМК) – является также и необходимость в повышении скорости и эффективности принятия оптимального и обоснованного решения из множества возможных вариантов на всех уровнях управления организацией, получая и обрабатывая значительно больший объём различных видов данных. Для этого принимающее решение должностные лица в условиях постоянно возрастающего по скорости и объёму потоке информации нуждаются в соответствующих методах и средствах поддержки, усиления когнитивных возможностей. По аналогии с экзоскелетом, усиливающим и дополняющим физические возможности человека, искусственный интеллект, расширяя и усиливая когнитивные возможности принимающих решения, позволит не только удержать, но и дополнить организацию новыми конкурентными преимуществами.

Переход к концепции активного влияния и воздействия со стороны организаций-создателей инновационной продукции на формирование потребительского спроса требует своих эффективных инструментов. Реализации такой концепции опережающего развития и активного управления удовлетворённостью потребителей наиболее полно соответствуют технологии искусственного интеллекта, обеспечивающие возможность принятия решений на основе прогнозирования

результатов планируемой деятельности, получения и обработки больших объёмов данных цифровыми информационными технологиями.

Подобно тому, как технологии, методы и средства, разработанные для решения производственных задач, нашли применение и продемонстрировали свою эффективность в процессах управления организацией, трансферт технологий искусственного интеллекта в СМК открывает перспективы и создаёт новые возможности для реализации принципиально новой концепции взаимодействия организаций с потребительской средой.

Так, задачи создания сложной наукоёмкой продукции, эффективно решаемые в производственной сфере деятельности методом анализа-синтеза, разукрупнением конструктивно и технологически сложного объекта для его конвейерного производства совокупностью относительно простых технологических операций, позволили перенести метод в сферу управления, в СМК. Аналогично, технологии ИИ с учётом их возможностей, активно и эффективно применяемые до недавнего времени в производственных процессах, в обработке информации, в сфере услуг, в медицине, на транспорте, целесообразно распространить также и на сферу управления организацией, внедрить их в СМК на системном, процессном и исполнительском уровнях. Благодаря им, опережающее развитие организации может быть обеспечено принятием решений на основе прогнозов ИИ, получением и обработкой больших объёмов данных, реализацией решений цифровыми информационными технологиями.

Необходимые для этого условия – дополнение СМК технологией интеллектуальной поддержки принятия решений, имитирующей когнитивные функции человека, методами и средствами предиктивной аналитики, создающими возможность поиска решений без заранее составленного алгоритма [14-16]. Из широкого спектра технологий ИИ для трансформации СМК в СМК опережающего развития они и являются наиболее

соответствующими эти целям. Вместе с машинным обучением, прогнозированием и реализацией вырабатываемых опережающих действий и другими элементами и технологиями ИИ такая И-СМК станет принципиально новым инструментом опережающего развития организации.

При этом необходимо руководствоваться принципом минимальной достаточности и готовности организации к применению технологий искусственного интеллекта. В связи с этим представляется целесообразным обращаться к применению технологий ИИ в СМК избирательно в соответствии с целями организации, с учётом технических возможностей и зрелости СМК, поэтапно осваивая их.

2. Система менеджмента качества опережающего развития с технологиями искусственного интеллекта -И-СМК

Функциональная структура интеллектуальной СМК (И-СМК) включает две составляющие (рис.2). Одна – вырабатывающая варианты решений. Эти задачи возлагаются на искусственный интеллект с его технологиями. Искусственный интеллект в СМК – это дополнение техническими средствами с соответствующими технологиями их применения имитации мыслительной деятельности человека для управления организацией на всех уровнях. Его назначение в СМК – усилить возможности принимающих решения должностных лиц в скорости получения и анализа большого количества информации и принятия безошибочного решения в организации на всех уровнях. Это своего рода экзоскелет, только расширяющий и усиливающий не физические, а мыслительные, когнитивные возможности человека. Технологии искусственного интеллекта интегрируются в СМК во все её уровни - от высшего руководства до руководителей процессов и структурных подразделений, исполнителей.

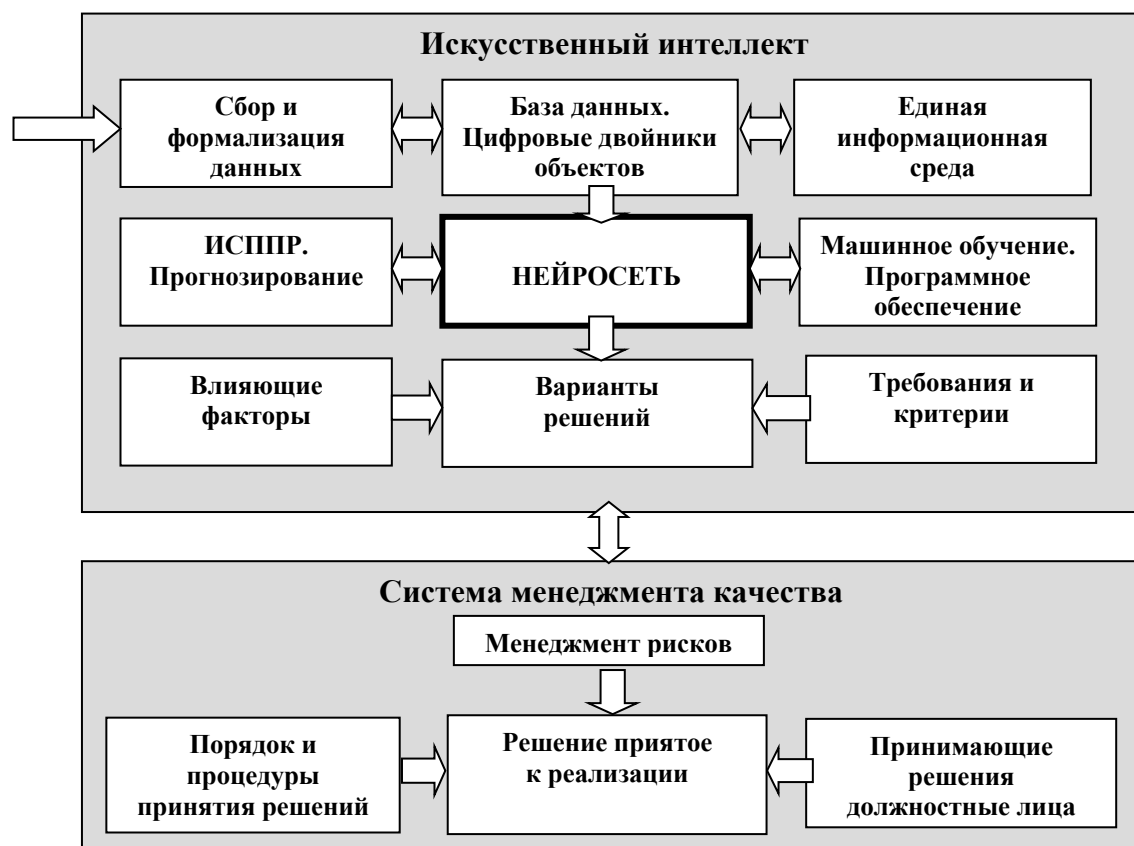


Рис. 2. Функциональная структура СМК с технологиями искусственного интеллекта
 Fig. 2. Functional structure of the QMS with artificial intelligence technologies

Минимальный уровень требований к искусственному интеллекту со стороны СМК - возможность обработки в реальном времени всей информации, относящейся к деятельности организации, поиск и разработка на основе её анализа вариантов возможных решений всех задач в организации на всех уровнях собственными алгоритмами, разрабатываемыми адресно и применительно к решаемым задачам. Имитирующий когнитивную деятельность человека ИИ должен обладать также свойством самообучения, обеспечивая возможность получения результатов, сопоставимых с результатами интеллектуальной деятельности соответствующих должностных лиц.

Вторая составляющая И-СМК выполняет функции принятия и реализация того или иного решения ответственными

должностными лицами в организации на системном, оперативном, процессном уровнях. Основные составляющие искусственного интеллекта - это нейросеть, имитирующая и выполняющая когнитивные функции должностных лиц, принимающих решения, информационно-коммуникационная инфраструктура, единая информационная среда, процессы, методы и средства обработки данных с целью поиска решений задач на каждом уровне управления организацией. Это также и программное обеспечение, методы машинного обучения, формализованные функциональные модели объектов анализа искусственного интеллекта – их цифровые двойники [14-16].

Нейросеть применительно к СМК представляет собой её математическую модель с программной и аппаратной поддержкой выполнения ей своих функций.

С этой целью её разработка должна удовлетворять двум условиям: соответствовать стандарту (или совокупности стандартов) на СМК и быть функциональным аналогом биологических нейронных сетей живого организма.

Соответственно, искусственная нейронная сеть СМК (ИНС СМК) представляет собой нескольких уровней

управления процессами организации их математическими моделями, действия над которыми осуществляются процессорами-аналогами нейронов головного мозга. Процессоры имитируют функции должностных лиц по управлению организацией на всех уровнях - стратегическом, тактическом, оперативном (рис.3).



Рис. 3. Иерархия уровней решения задач в искусственной нейронной сети СМК
 Fig. 3. Hierarchy of levels of problem solving in the artificial neural network QMS

На каждом уровне осуществляется математическое преобразование входных данных в результат, передаваемый на следующий уровень. Входы для каждого из уровней – соответствующая информация, математические модели, алгоритмы, цифровые двойники объектов анализа. На выходе каждого уровня – результаты анализа и возможные варианты решений.

Преобразование и, соответственно, управление осуществляется в «двустороннем» режиме - как сверху вниз, так и снизу вверх. С каждого уровня его выход, результат, передается на следующий уровень. И так до последнего уровня в

выбранном направлении передачи информации. Так, в частности, при разработке вариантов стратегии, политики и целей организации, и последующего их интегрирования в процессы и деятельность структурных подразделений и исполнителей результаты анализа факторов внешней и внутренней среды в виде команд со стратегического уровня последовательно, сверху вниз проходят все уровни преобразования в нейросети И-СМК, и доходят до каждого из исполнителей в виде производственных заданий в других процессах управления. Такая же последовательность преобразования

информации в нейросети И -СМК и в других процессах стратегического уровня, включая процесс распределения ответственности и полномочий должностных лиц по всем уровням управления организацией.

На общесистемном уровне ИИ выполняет в реальном времени функции сбора и обработка данных о внешней и внутренней среде, осуществляет формирование и оптимизацию стратегии организации, а для её реализации разрабатывает адаптивную трансформируемые организационные и функциональные структуры с системой бизнес-процессов СМК.

Тактический уровень ИИ - это постановка целей и задач по направлениям деятельности организации, процессов, структурных подразделений и исполнителей процессов, разработка и оптимизация структуры и процедур процессов, алгоритмов их выполнения и взаимодействия, а также разработка требований и вариантов ресурсного обеспечения процессов и методов управления процессами и их исполнителями.

На оперативном уровне ИИ осуществляет мониторинг и сбор данных о процессах проектирования, изготовления, поставки и применения продукции организации, предлагает (или разрабатывает) процедуры управления процессами, управляет ими, осуществляет контроль качества, управляет поставкой и обеспечением качества продукции при применении.

В обратной последовательности, с оперативного уровня результаты преобразования данных выполненной деятельности передаются на высший, стратегический уровень, последовательно по всем уровням, на каждом из которых промежуточные результаты используются в т.ч. в разработке и постоянном совершенствовании управляющих алгоритмов и машинном обучении. Машинное обучение с целью выявления скрытой полезной информации и

закономерностей в данных, выделения из всего объёма адекватной информации для каждой из задач, их ранжирования использует нейросеть, методы математической статистики, исследования операций и ряд других методов.

4. Принципы разработки и применения искусственного интеллекта в системе менеджмента качества

Эффективное применение искусственного интеллекта в СМК основано на следующих принципах, свойствах, возможностях и ограничениях.

Комплексность - целенаправленное применение различных теорий, моделей, методов и технологий, объединенных в соответствии с их функциональными возможностями для решения задач в СМК.

Основные преимущества - возможности использования различных подходов, методов в различном их сочетании при разработке ИИ для достижения поставленных целей и решения задач с учётом потребностей и возможностей организации, готовности к их применению.

Способы реализации - формирование персонифицированного ИИ конкретной организации для поддержки принятия решений, состоящего из взаимно дополняющей совокупности теорий, моделей, методов и технологий.

Системность - свойство искусственного интеллекта решать задачи управления системой как совокупностью взаимосвязанных процессов, структурных подразделений и исполнителей.

Способность ИИ видеть и анализировать целое и его составляющие, формулировать и решать общие и частные задачи, анализировать проблемы и синтезировать результаты при постановке и поиске решения проблем на всех уровнях. Выявлять и решать во взаимосвязи как общесистемные задачи, так и задачи на других уровнях соответствующими адекватными методами и средствами, алгоритмами, адресно

разрабатываемыми ИИ для соответствующих объектов управления - процессов, структурных подразделений, исполнителей операций.

Информационная ёмкость - объем видов информации, характеризующий деятельность объекта управления, который ИИ способен получить и обработать для достижения целей управления выбранным объектом.

Информационная ёмкость ИИ должна быть не меньше объема тех видов информации, которые с наибольшей достоверностью характеризуют объект управления. Это одна из составляющих когнитивных способностей ИИ, имитирующая мыслительные функции человека. Информационная ёмкость вместе с производительностью - в отношении ИИ - это аналог компетентности специалиста.

Производительность - получение ИИ результатов в реальном времени на основе соответствующей для реализации этого требования скорости обработки информации

Это быстрое действие ИИ, скорость нахождения, обработки информации и выработки решений. Способность ИИ «осмыслить» необходимый объем определенных им видов информации из различных источников для выявления и решения проблемы.

Цикличность - поэтапно повторяющаяся последовательность действий по сбору, анализу и обработке данных с целью достижения установленных показателей результативности.

Многokrатное повторение действий по постоянно совершенствующимся алгоритмам с соответствующей математической обработкой информации повышает достоверность и точность результатов.

Самообучение - способность каждого алгоритма, программы постоянно повышать свою результативность и эффективность на основе анализа закономерностей, выявляемых при выполнении своих функций.

Совместно с циклично повторяющимися преобразованиями по самосовершенствующимся при этом алгоритмам ИИ работает в режиме постоянного развития.

Функциональная подчинённость - выполнение задач в условиях установленных ограничений, заданных и скоординированных по всем уровням управления ответственными должностными лицами.

Функциональная подчинённость ИИ означает его вспомогательную роль в СМК или в других системах менеджмента. Решение о реализации того или иного предложенного ИИ варианта решения проблемы принимают должностные лица на различных уровнях управления, наделённые для этого соответствующими ответственностью, полномочиями и ресурсами.

Адекватность - разработка ИИ вариантов решений, соответствующих возможностям управляющей системы и не приводящих к снижению безопасности и результативности управляемых объектов или потере их работоспособности.

Разработка и применение ИИ в СМК должна соответствовать требованиям нормативных правовых актов, технических регламентов, условиям контрактов (договоров), требованиям и рекомендациям документов по стандартизации, регламентирующих её деятельность, требованиям к безопасности в организации. Адекватность ИИ означает также его готовность к решению проблем в конкретной организации, не ограниченную возможностью выполнения и других задач.

5. Информационно-аналитическая интеллектуальная система поддержки принятия решений в И-СМК

Одно из важнейших свойств искусственного интеллекта – возможность прогнозирования результатов предполагаемой деятельности для выбора

безошибочного, оптимального способа её выполнения из числа возможных [14]. Эта функция в И-СМК осуществляется информационно-аналитической интеллектуальной системой поддержки принятия решений с технологиями ИИ (ИА-ИСППР). Её цель и назначение - выработка рекомендаций для принятия решения и последующая его реализация. Осуществляется это алгоритмами, ранжирующими и оптимизирующими множество возможных решений по заданным критериям. Наиболее приемлемые для И-СМК технологии – это предиктивная аналитика (ПА), датамайнинг, моделирование.

Область предпочтительного применения в И-СМК каждой из технологий определяется её функциональными возможностями. Интеграция технологий ИИ предполагает их распространение на все уровни управления в СМК – от общесистемных проблем на уровне высшего руководства до уровня исполнителей.

Цель и назначение предиктивной аналитики (ПА) - прогнозирование результатов планируемой деятельности на основе анализа актуальной и ранее полученной информации. Для этого применяются статистические методы, интеллектуальный анализ данных, различные математические методы анализа и обработки данных, информационные технологии, результаты производственных процессов и процессов управления [17-18]. Наиболее предпочтительной областью применения в И-СМК предиктивной аналитики представляется разработка на общесистемном уровне основополагающих решений – стратегии, видения, политики, целей организации, а на тактическом и процессном – перспектив развития направлений деятельности, целей и задач, состава и структуры процессов, целей, методов управления.

Выявить закономерности, тенденции и динамику изменений в большом объёме информации, классифицировать данные и

спрогнозировать результаты процессов позволит датамайнинг не только на исполнительском, оперативном, но и на стратегическом уровне и процессном уровнях на всех уровнях - анализ данных с целью выявить закономерности, тенденции и ценную информацию, способы классификации, моделирования и прогнозирования результатов.

Моделирование – технология универсальная и применима в прогнозировании и поддержке принятия решений на всех уровнях. Основные этапы алгоритма построения предиктивной модели для прогнозирования в И-СМК:

- получение и анализ информации о внешней и внутренней среде организации, заинтересованности потребительского рынка;
- структурирование, ранжирование и проверка информации для последующего использования в разработке модели;
- статистическая обработка информации;
- разработка и апробация модели;
- применение модели для разработки возможных вариантов и принятия решений;
- мониторинг и контроль соответствия модели, управление изменениями в модели и в условиях применения.

На примере процесса разработки стратегии организации показана роль и место технологий искусственного интеллекта в СМК (рис.4).

Для реализации концепции СМК опережающего развития технологиями ИИ объектами могут стать и другие её виды деятельности и процессы, включая маркетинг, прогнозирование направлений развития, разработка предложений по новым конструктивно-техническим решениям, технологиям и видам продукции. Объектами искусственного интеллекта могут быть также и управление поставщиками в цепочке поставок, разработка и оптимизация организационной и функциональной

структур, управление устареванием, процессами ресурсного обеспечения, персоналом и решением других задач, определённых ИИ как требующих решения для достижения поставленных целей.

Для решения в СМК задач технологиями ИИ из состава возможных методов прогнозирования наиболее адекватными являются экстраполяционные методы. В их основе - структурные модели как системы в целом, так и её процессов, деятельности структурных подразделений. Зависимость прогнозируемого результата от

предшествующих значений представляется в виде графика, схемы, модели, формул расчёта, правил применения. В их составе:

- нейросетевые модели;
- модели на основе цепей Маркова;
- модели на основе классификационно-регрессионных деревьев;
- модели на основе таблицы истинности;
- модели на основе анализа дерева событий
- модели на основе Байесовских сетей.



Рис. 4. Технологии искусственного интеллекта в разработке стратегии организации
 Fig. 4. Artificial intelligence technologies in the development of an organization's strategy

Как и другие методы, модели объектов в И-СМК на основе цепи Маркова описывают возможные их состояния, вероятность их нахождения в каждом из этих состояний и вероятность прямого и обратного перехода из одного состояния в другое.

Марковская модель позволяет также устанавливать вид и степень влияния различных факторов на выполняемые функции объекта анализа, СМК в частности. Например, на достижение поставленных целей. Так, модель прогнозируемых

состояний СМК в виде цепи Маркова с матрицей перехода описывает состояния СМК (например, состояния с различной результативностью), которые она может принимать [19-20].

Марковский анализ и цепи Маркова позволяют поэтапно прогнозировать возможность получения запланированных результатов деятельности как системы в целом, так и отдельных её составляющих: маркетинга, проектирования и разработки, других процессов СМК, прогнозировать по

достигнутым промежуточным результатам вероятность получения запланированного итогового результата.

В основе Байесовского метода – понятие условной вероятности событий, формула расчёта условной вероятности Байеса и следующая из неё возможность предварительной экспертной оценки И-СМК для последующего уточнения. Основанное на предположениях и обобщениях априорное распределение вероятности того или иного результата в оценке деятельности СМК и её процессов дает вероятностный прогноз реализации события в отсутствие эмпирических данных, который может быть уточнён включением новых появляющихся данных в расчёты.

Реализация Байесовского метода в И-СМК – Байесовские сети в виде графической модели анализируемой СМК, процессов, узлы которой соответствуют состояниям анализируемого объекта в виде вероятностных их значений.

Связи между узлами в сети отождествляют собой прямые зависимости между состояниями И-СМК или её процессов, характеризуемыми значениями вероятности нахождения в них. Последовательный анализ переходов между состояниями (узлами в сети) с оценкой вероятности реализации каждого последующего действия приводит к оценке вероятности получения промежуточных и итогового планируемых результатов.

В И-СМК Байесовский анализ – это процесс, на входе которого оценочные и эмпирические данные, необходимые для структурирования и количественной оценки вероятностной модели, а на выходе – оценки вероятности интересующего параметра, результата процесса (процессов), системы в целом. Его применение обеспечивает возможность использования как экспертных оценок состояния исследуемого объекта, так и объединения априорной и апостериорной информации, включения в прогноз новых данных.

Применение технологий искусственного интеллекта в И-СМК обусловлено сложностью многоуровневых модели И-СМК и её процессов, требующих для достоверности прогноза – получения и обработки большого объёма надёжной информации.

В основе метода таблицы истинности (Truth Table Method, ТТМ) – анализ и расчёт вероятности реализации основного и альтернативных вариантов планируемых действий. Метод включает:

- анализ функциональной структуры исследуемого объекта – СМК в целом или её процессов;
- составление перечня возможных состояний исследуемого объекта;
- анализ сочетаний основного и альтернативных состояний исследуемого объекта;
- анализ последствий реализации сочетаний основного и альтернативных состояний исследуемого объекта;
- оценку вероятности получения результатов в каждом из состояний и достижение запланированных результатов прогнозируемой деятельности.

Как и Марковский анализ, и Байесовские сети, метод таблицы истинности применим для прогнозирования на всех уровнях СМК. С учётом сложности модели прогнозируемой деятельности – СМК в целом или её процессов его целесообразно применять совместно с технологиями искусственного интеллекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование технологий искусственного интеллекта в СМК требует решения ряда проблем, основные из которых:

- разработка структуры, принципов, функций, нормативно-

методического обеспечения СМК с технологиями ИИ - стандарта на модель И-СМК;

– разработка и внедрение адаптированных к специфике деятельности организации нейросети, системы предиктивной аналитики и прогнозирования, соответствующего программного обеспечения и цифровых информационных технологий для их применения;

– создание единой информационной среды для всех взаимодействующих процессов и организаций;

– разработка унифицированных информационных моделей взаимодействующих объектов И-СМК, цифровых двойников;

– разработка и внедрение комплекса методов, средств, процессов получения в режиме реального времени достоверных, актуальных, своевременных и постоянно обновляемых данных как в каждой из организаций, так и в целом в цепи поставок;

– подготовка персонала на всех уровнях управления;

– апробация модели И-СМК, включая комплексное применение в производственных процессах и в процессах управления технологий ИИ.

К разработке и внедрению в СМК технологий искусственного интеллекта возможны различные подходы [11].

Первый - это единый для всех организаций подход и порядок интеграции технологий ИИ в СМК. В его основе - разработка и введение основополагающих документов по стандартизации на модель СМК с технологиями ИИ (И-СМК) и последующая её адаптация к деятельности организации. Единство модели И-СМК обеспечит беспрепятственное взаимодействие организаций в цепи поставок.

В основе второго подхода - разработка каждой организацией собственных решений по разработке и внедрению технологий ИИ в СМК. Объекты применения технологий ИИ, состав и виды применяемых технологий ИИ в СМК определяются организацией самостоятельно, исходя из требований поставленных задач и своих возможностей. При этом отдельного решения требует проблема с совместимости И-СМК с СМК организаций в цепи поставок.

Третий подход предполагает приобретение и установку готовых технологий ИИ и программного обеспечения, разработанных сторонними специализированными организациями, и их интегрирование в СМК организации. В этом случае к проблеме с совместимости И-СМК с СМК организаций в цепи поставок добавляется проблема внешнего управления И-СМК со стороны разработчика-поставщика технологий ИИ, необходимость её технического сопровождения.

Библиографический список

1. Гличёв А.В. Основы управления качеством продукции. - М.: Стандарты и качество. - 2001. - 424 с.
2. Shoji Shiba, Alan Graham , David Walden. Four Practical Revolutions in Management / CRC Press, 2001. - : 784 p.
3. Akao, Yōji. Hoshin Kanri Policy Deployment for Successful TQM / Milton : Productivity Press / 2004. - 245 p.
4. The Future of Quality Management: Trends to Watch in 2024 / <https://www.qualitygurus.com>.
5. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2015. 48 с.
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015. 18 с.
7. ГОСТ Р ИСО 9004-2019. Менеджмент качества. Качество организации руководство по достижению устойчивого успеха

организации. М.: Стандартиформ, 2019. 56 с.

8. ГОСТ Р ИСО 37101-2018 Устойчивое развитие в сообществах. Система менеджмента. Общие принципы и требования М. // ИД «Юриспруденция», 2018. 31 с.

9. ГОСТ Р ГОСТ Р 54598.1-2015/ Менеджмент устойчивого развития. Часть 1 Руководство. М.: Стандартиформ, 2015. 24 с.

10. ГОСТ Р 58876-2020. Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности. Требования. М.: ИД «Юриспруденция», 2020. 38 с.

11. Сидорин В.В. Система менеджмента качества организации в цифровой экономике // Методы менеджмента качества, №2, 2018 г., М.: РиА «Стандарты и качество». С. 28-35.

12. Сидорин В.В. Система менеджмента качества оборонно-промышленного комплекса в цифровой экономике // Вестник качества. 2017. № 6. С. 5-18.

13. Каблашова И.В., Логунова И.В., Кривякин К.С., Родионова В.Н. Методология управления качеством процессов на основе цифровых стандартов деятельности наукоемкого предприятия//Организатор производства. 2021. Т.29. №1. – С. 7-20

14. Степанов В.В., Липин К.М., Коробейников И.Д. Современные

архитектуры интеллектуальных систем поддержки принятия решений //Научные труды Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ), № 3, 2018 г. , С.324-334.

15. Гаврилова Т.А. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы: Учеб. пособие, 2-е изд./ Т.А. Гаврилова, Д.И. Муромцев. – СПб.: Изд-во «Высшая школа менеджмента»; Издат. Дом С.-Петерб. гос. ун-та, 2008 – 488 с.

16. Микони С. В. Теория принятия управленческих решений: учебное пособие /— Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 448 с.

17. Станкевич Л. А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для вузов /Л. А. Станкевич. - Издательство Юрайт, 2022 - 397 с.

18. Глухов В.В., Медников М. Д. Математические модели менеджмента: учебное пособие / — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021 — 500 с.

19. Сидорин В. В. Марковский анализ в прогнозировании устойчивости системы сохранения качества продукции при ее эксплуатации и применении // Вестник качества. 2022. № 1. С.19-27.

20. Сидорин В. В., Халилюлина Н.Б. Прогнозирование и управление выполнением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Марковскими методами // Вестник СПГУТД. Серия 4. № 3. 2023. С.58-62.

Поступила в редакцию – 28 марта 2024 г.

Принята в печать – 30 марта 2024 г.

References

1. Glichjov A.V. Osnovy upravlenija kachestvom produkcii. - М.: Standarty i kachestvo. - 2001. - 424 s.

2. Shoji Shiba, Alan Graham , David Walden. Four Practical Revolutions in Management / CRC Press, 2001. - : 784 p.

3. Akao, Yōji. Hoshin Kanri Policy Deployment for Successful TQM / Milton : Productivity Press / 2004. - 245 p.

4. The Future of Quality Management: Trends to Watch in 2024 / <https://www.qualitygurus.com>.

5. GOST R ISO 9000-2015. Cistemy menedzhmenta kachestva Osnovnye polozhenija i slovar'.

M.: Standartinform, 2015. 48 s.

6. GOST R ISO 9001-2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovanija. M.: Standartinform, 2015. 18 s.

7. GOST R ISO 9004-2019. Menedzhment kachestva. Kachestvo organizacii rukovodstvo po dostizhe-niju ustojchivogo uspeha organizacii. M.: Standartinform, 2019. 56 s.

8. GOST R ISO 37101-2018 Ustojchivoe razvitie v soobshhestvah. Sistema menedzhmenta. Obshhie principy i trebovanija M. // ID «Jurisprudencija», 2018. 31 c.

9. GOST R GOST R 54598.1-2015/ Menedzhment ustojchivogo razvitija. Chast' 1 Rukovodstvo. M.: Standartinform, 2015. 24 c.

10. GOST R 58876-2020. Sistemy menedzhmenta kachestva organizacij aviacionnoj, kosmicheskoj i oboronnoj otraslej promyshlennosti. Trebovanija. M.: ID «Jurisprudencija», 2020. 38 c.

11. Sidorin V.V. Sistema menedzhmenta kachestva organizacii v cifrovoj jekonomike // Metody menedzhmenta kachestva, №2, 2018 g., M.: RiA «Standarty i kachestvo». S. 28-35.

12. Sidorin V.V. Sistema menedzhmenta kachestva oboronno-promyshlennogo kompleksa v cifrovoj jekonomike // Vestnik kachestva. 2017. № 6. S. 5-18.

13. Kablashova I.V., Logunov I.V., Krivjakin K.S., Rodionova V.N. Metodologija upravlenija kache-stvom processov na osnove cifrovyh standartov dejatel'nosti naukoemkogo predprija-tija//Organizator proizvodstva. 2021. T.29. №1. – S. 7-20

14. Stepanov V.V., Lipin K.M., Korobejnikov I.D. Sovremennye arhitektury intellektua l'nyh sistem podderzhki prinjatija reshenij //Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tehnologiče-skogo universiteta (KubGTU), № 3, 2018 g. , S.324-334.

15. Gavrilova T.A. Intellektual'nye tehnologii v menedzhmente: instrumenty i sistemy: Ucheb. posobie, 2-e izd./ T.A. Gavrilova, D.I. Muromcev. – SPb.: Izd-vo «Vysshaja shkola menedzhmenta»; Izdat. Dom S.-Peterb. gos. un-ta, 2008 – 488 s.

16. Mikoni S. V. Teorija prinjatija upravlencheskih reshenij:uchebnoe posobie /— Sankt-Peterburg: Lan', 2021 - 448 s.

17. Stankevich L. A. Intellektual'nye sistemy i tehnologii: uchebnik i praktikum dlja vuzov /L. A. Stankevich. - Izdatel'stvo Jurajt, 2022 - 397 s.

18. Gluhov V.V., Mednikov M. D. Matematicheskie modeli menedzhmenta: uchebnoe posobie / — 2-e izd., ster. — Sankt-Peterburg: Lan', 2021 — 500 s.

19. Sidorin V. V. Markovskij analiz v prognozirovanii ustojchivosti sistemy sohraneniya kachestva produkcii pri ee jekspluatacii i primenenii // Vestnik kachestva. 2022. № 1. S.19-27.

20. Sidorin V. V., Haliljulina N.B. Prognozirovanie i upravlenie vypolnieniem nauchno-issledovatel'skih i opytno-konstruktorskih rabot Markovskimi metodami // Vestnik SPGUTD. Serija 4. № 3. 2023. S.58-62.

Received for publication - March 28, 2024

Accepted for publication - March 30, 2024