

УДК 005.3 + 658.1:004 + 338.364

## **«УМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ» ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

*А.В. Голлай, Я.Д. Гельруд*

В настоящей статье предлагается определить сущность термина «умное управление» на базе концепции технологических укладов. Так же показано становление и развитие концепций управления промышленным предприятием от внедрения автономных автоматических систем управления до интегрированных разработок, базирующихся на принципах умного управления. Приведено сравнение двух наиболее развитых подходов к построению умных систем управления, на основе моделей нейронных сетей и на базе теории нечетких множеств.

Ключевые слова: умные вещи, умное управление, технологический уклад, НБИК-конвергенция, нечеткие множества, нейронные сети.

XXI век – век «умных вещей» («умный дом», «умный город», «умный автомобиль» и т.д. [1]. Рассмотрим данное понятие с позиции теории длительных циклов в экономике, появившейся после работ Николая Дмитриевича Кондратьева, который, изучая историю капитализма, пришел к выводу, что развитию экономики свойственны продолжительные длинноволновые колебания, охватывающие период от 45 до 60 лет [7]. Эта идея получила дальнейшее развитие в работах академиков Д.С. Львова и С.Ю. Глазьева под современным названием «Технологический уклад» [6, 8].

Согласно теории смены технологических укладов, человечество прошло пять укладов и в настоящий момент вступило в шестой. Каждый из укладов характеризуется набором технологий, которые полностью меняли экономический облик мира. Так, базой первого уклада (1770–1830) были технологии выплавки стали, текстильная промышленность, а в качестве энергетического источника в промышленности использовался водяной двигатель. Второй уклад (1830–1880) ознаменовался появлением парового двигателя, развитием транспортной индустрии, в частности, железных дорог, и появлением тяжелой промышленности (машиностроение, черная металлургия и т.д.). Переход к третьему укладу (1880–1930) связан с переходом от парового двигателя к широкому использованию электроэнергии в производстве. Четвертый уклад (1930–1970) ассоциируется со значительными достижениями в развитии промышленности (автомобилестроение, цветная металлургия, химическая промышленность) и освоением энергии атома. Пятый уклад (1970–2010) связан с повсеместным внедрением ком-

пьютерной техники и всеобщей информатизацией всех сфер человеческой деятельности, развитием электронной промышленности, телекоммуникационных технологий и т.п.

В рамках четвертого технологического уклада в промышленность стали внедряться системы автоматизации и автоматизированного управления отдельными агрегатами и технологическими процессами.

Пятый этап послужил значительным толчком в развитии науки управления промышленными предприятиями. Связано это было с ростом вычислительных способностей машин, который привел к тому, что были созданы интегрированные комплексы управления не только отдельными агрегатами, но и предприятием в целом, например, системы MRP, MRPII, ERP и т.д. [3].

В то же время внедрение информационных технологий привело к значительному росту потоков информации, что стало причиной возрастания сложности задач, решаемых в управлении. Методы, основанные на жестких алгоритмах и учитывающие детерминированное количество факторов, стали неадекватными быстро меняющейся среде, в которой находится современное промышленное предприятие. Поэтому возникла острая необходимость в разработке новых подходов, методов и механизмов управления.

В настоящий момент человечество вступает в шестой технологический уклад, который характеризуется НБИК-конвергенцией технологий, где Н – нанотехнологии, Б – биотехнологии, И – информационные технологии, К – когнитивные технологии [4]. Таким образом, именно слияние информационных и когнитивных технологий и внедрение результатов этого слияния, привело к появлению такого понятия, как «умные вещи».

Использование «умных станков» и «умного оборудования» в промышленности привело к оптимизации операций и позволило производить своевременную настройку оборудования. В свою очередь, это обеспечило снижение количества брака и накладных расходов. Во многих случаях при организации работы парка «умного оборудования» ему была передана функция принятия решений по организации работ в зависимости от складывающейся ситуации. С учетом высокого быстродействия машин удавалось решить задачи, которые для человека ранее были не доступны. В настоящий момент уже можно встретить «умные фабрики», т.е. предприятия, оснащенные «умным оборудованием» с высокой степенью цифровой автоматизации управления. Рост значимости повсеместного внедрения интеллектуальных технологий подтолкнул многие страны к созданию национальных программ развития промышленности, поддерживающих эти технологии.

Так, в Германии в 2012 году была разработана стратегия развития промышленности под названием «Платформа Индустрии 4.0» и государственная программа «Промышленность 4.0» [12]. Аналогичные программы раз-

работали и в США в 2014 г. – «Advanced manufacturing» [10], и в Китае в 2015 г. – «Сделано в Китае-2025» [9], в России создана Национальная технологическая инициатива (НТИ) [5].

Совершенно очевидно, что по мере внедрения в производство «умных вещей» можно говорить и об «умном управлении» [11] всем предприятием. К настоящему моменту сложилось два подхода к разработке систем умного управления.

Первый подход – «сверху–вниз» – основан на разработке алгоритмов, построенных на выработке правил рассудочной деятельности. Наиболее распространенным инструментом этого подхода является построение нечетких систем на базе теории нечетких множеств, предложенной в 1965 году Лютфи Заде [2]. Если в рамках обычной теории множеств элемент либо принадлежит, либо нет какому-либо множеству, то в рамках теории нечетких множеств каждый элемент множества представлен парой: самим элементом и числом, отражающим степень принадлежности элемента этому множеству (степень уверенности, что элемент принадлежит этому множеству). Обычно степень принадлежности принимает значение от 0 до 1, где 0 означает, что элемент точно не принадлежит этому множеству, а 1 – точно принадлежит. Введение в математический оборот нечетких множеств позволило моделировать системы, знания о которых являются недостаточно точными или недостоверными, а процессы, происходящие в таких системах, имеют сложные и неоднозначные связи.

Второй подход – «снизу–вверх» – противоположен первому, он строится на идее, что не нужно пытаться выработать правила рассудочной деятельности, проще симитировать деятельности человеческого мозга, после чего данная система может быть обучена самостоятельному принятию решений (сама выработает правила рассудочной деятельности). В рамках данного подхода наибольшее распространение получили алгоритмы построения нейронных сетей. Нейронные сети имитируют деятельность сети нейронов и преобразуют входящий сигнал в исходящий, при этом правила преобразования формируются в процессе обучения сети, т.е. вырабатываются на данных с известными входными и выходными сигналами. Нейронные сети позволяют моделировать деятельность любых устройств. Недостатком является то, что не существует четких правил построения нейронных сетей, задающих количество нейронов, слоев сети и т.п. Проектирование топологии сети осуществляется скорее по интуиции.

Подводя итог вышесказанному, можно говорить о том, что развитие систем управления будет идти не по пути наращивания вычислительной мощности машин (пятый технологический уклад), а по пути разработки новых алгоритмов и методов принятия решений на базе моделирования когнитивных способностей. Использование данных методов позволит обрабатывать большие потоки информации, нарастающие с каждым годом (шестой технологический уклад).

Библиографический список

1. Smart Management Methods and Mechanisms of Industrial Enterprises and Organizations / V.N. Burkov, I.V. Burkova, Ya.D. Gelrud, O.V. Loginovskiy // Bulletin of SUSU. Series: «Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics». – 2016. – Т. 16. – № 3. – Pp. 93–101. – DOI: 10.14529/ctcr160310.
2. Zadeh, L.A. Fuzzy sets / L.A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – № 8. – Pp. 338–353.
3. Реинжиниринг бизнес-процессов / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – М.: ЭКСМО, 2005. – 581 с.
4. Аргунова, М.В. Модель «умного» города как проявление нового технологического уклада / М.В. Аргунова // Наука и школа. – 2016. – № 3. – С. 14–23.
5. Восстание машин. Концепция «Индустрия 4.0» сделает новейшие технологии привычными [Электронный ресурс] // Российская газета. – Экономика. – № 7283 (117). – URL: <https://rg.ru/2017/05/31/gleb-nikitin-u-industrii-40-i-reindustrializacii-odni-i-te-zhe-celi.html>.
6. Глазьев, С.Ю. Выбор будущего / С.Ю. Глазьев – М.: Алгоритм, 2005. – 351 с.
7. Кондратьев, Н.Д. Большие циклы и теория предвидения / Н.Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 2002. – 762 с.
8. Львов, Д.С. Эффективность управления техническим развитием / Д.С. Львов. – М.: Экономика, 1990. – 255 с.
9. Павлов, А. Китай: трансформация из большого в сильного [Электронный ресурс] / А. Павлов. – URL: <http://chinalogist.ru/book/articles/analitika/kitay-transformaciya-iz-bolshogo-v-silnogo>.
10. Семенова, Е.А. Новая индустриализация: тенденции и перспективы / Е.А. Семенова // Проблемы национальной стратегии. – 2015. – № 5 (32). – С. 185–203.
11. Управление промышленным предприятием: стратегии, механизмы, системы: монография / О.В. Логиновский, А.А. Максимов, В.Н. Бурков и др. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 410 с. – DOI: 10.12737/monography\_59ea1d572ffc98.50192866.
12. Четвертая промышленная революция (Industry 4.0) // Четвертая промышленная революция. Популярно о главном технологическом тренде XXI века [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tadviser.ru/index.php>.

[К содержанию](#)