

УДК [611.018.51+615.47]:612.086.2

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА 4.0



А.Г. Давыдовский

Доцент кафедры инженерной психологии и эргономики факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат биологических наук, доцент



Н.В. Лапицкая

Зав. кафедрой программного обеспечения информационных технологий факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент



М.И. Морозова

Доцент кафедры педагогики и педагогических технологий Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина (Санкт-Петербург, Российская Федерация), кандидат педагогических наук, доцент



А.В. Пищова

Доцент кафедры социальной педагогики факультета социально-педагогических технологий БГПУ имени Максима Танка, кандидат педагогических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь,
Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина, Санкт-Петербург,
Российская Федерация,
Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,
Республика Беларусь
E-mail: agd2011@list.ru; anita_17@list.ru; lapan@bsuir.by

А.Г. Давыдовский

Доцент кафедры инженерной психологии и эргономики факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат биологических наук, доцент. Специальность «Биология». Окончил докторантуру БГУИР по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации». Проводит научные исследования в области социальной информатики, математического моделирования биологических и биосоциальных систем, методологии превентивного управления рисками в социотехнических и инновационных производственных системах. Член ряда международных научных обществ. Автор учебных программ и пособий для студентов и магистрантов.

Н.В. Лапицкая

Зав. кафедрой программного обеспечения информационных технологий факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент. Окончила факультет прикладной математики

и информатики Белорусского государственного университета. Специальность «Прикладная математика». Переподготовка в Белорусском государственном университете по специальности «Экономическая кибернетика». Окончила докторантуру Белорусского государственного университета. Проводит исследования в области статистического анализа размера ущерба от чрезвычайных ситуаций и по направлению «Информационно-аналитическое обеспечение процесса управления рисковыми ситуациями». Автор учебных программ и пособий для студентов и магистрантов.

М.И. Морозова

Доцент кафедры педагогики и педагогических технологий Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина (Санкт-Петербург, Российская Федерация). Специальность «Физика и астрономия». Область научных и научно-практических интересов: формирование ключевых компетенций обучающихся на разных уровнях и ступенях образования, проблемы и современные подходы к реализации инклюзивного образования, научно-методическое сопровождение и ресурсное обеспечение воспитательного процесса в учреждении образования, организационно-управленческие аспекты модернизации высшего образования, содержание и технологии информатизации образовательного пространства. Научно-педагогическая деятельность: автор курсов лекций по педагогике, современным воспитательным технологиям, педагогическому творчеству, образовательным технологиями менеджменту образования. Научный руководитель научно-исследовательских работ студентов и магистрантов. Организатор и руководитель ряда международных научно-практических конференций по проблемам развития современного образования.

А.В. Пищова

Доцент кафедры социальной педагогики факультета социально-педагогических технологий Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка. Специальность «Педагогика». Проводит научные исследования в области социальной информатики, медиабезопасности субъектов образовательного процесса, а также социокультурного и социотехнического анализа образовательных систем. Научный руководитель студенческой научно-исследовательской лаборатории «Стратегии и модели социализации молодежи XXI века» ФСПТ БГПУ. Автор учебных программ и пособий для студентов и магистрантов.

Аннотация. Представлены результаты математического моделирования и системного анализа инновационного научно-образовательного комплекса технического университета 4.0. Сделано предположение о начале трансформации высшего технического образования в направлении создания образовательных платформ на основе технопарков и технополисов при выполнении научно-исследовательских и технических проектов. Образовательная эффективность технического университета 4.0 зависит от таких факторов, как лизинг высококвалифицированного персонала, включая ученых, разработчиков и проектировщиков объектов сложной техники и новых технологий, инженерно-технических работников, обеспечивающих технологические цепочки высокотехнологических производств, активности инвесторов и объемы инвестиций, стратегическое планирование и научно-техническое прогнозирование, а также использования технологий Big Data.

Ключевые слова: технический университет 4.0, запросы Интернет-пользователей множественный, множественный корреляционный и регрессионный анализ, аппроксимация, системный анализ.

Введение. В первой четверти XXI века развитие четвертой промышленной революции и формирование «экономики знаний» существенно затронуло сферу образования, вызвав кардинальные изменения моделей реализации социокультурных миссий классических и технических университетов. Наряду с традиционными – образовательной и научной – в деятельности современных классических и технических университетов все большее значение приобретает инновационно-экономическая деятельность. В США период институционализации модели предпринимательского университета начался с принятия акта Бэя–Доуэла (Bayh–Dole Act) в 1980 г., когда фактически произошла интеграция высшей школы и наиболее высокотехнологических отраслей промышленности. В США после принятия этого акта в течение нескольких лет университеты создали более 2 тыс. компаний (260 тыс. рабочих мест), которые занимались коммерциализацией технологий. Вместе с тем, если до принятия акта все американские университеты регистрировали менее 250 патентов в год, а в 1982 г. – уже 1500, а в 2010 г. – 4500. Если в 1989-1990 гг. университеты получили 82 млн долл. лицензионного дохода, то в 2009 г. – более 1,5 млрд долл. В целом, после второй мировой войны отмечался значительный рост предприятий, созданных при университетах, прежде

всего, при Массачусетском технологическом институте и Стэнфордском университете. Причем, значительная часть ведущих отраслей промышленности в США, возможно более 80%, возникла благодаря открытиям, сделанным в американских университетах [1, 2].

В историческом отношении, университет как социокультурный феномен прошел, по меньшей мере, три этапа эволюционного развития, каждый из которых может быть охарактеризован особой моделью социокультурной миссии и взаимоотношений во внешней социально-экономической среде. Эти модели последовательно сменяли друг друга. Информационная метафора в цифровом обозначении позволяет охарактеризовать лишь число основных социокультурных миссий, выполняемых университетом: если университет 1.0 – это только лишь образовательный институт, а университет 2.0 обеспечивает поддержание двух миссий – обучение и научные исследования, то в университете 3.0 к двум последним миссиям добавляется миссия научно-исследовательской и инновационной деятельности с последующей коммерциализацией знаний и технологий, разработанных на их основе. Причем университет 3.0 становится субъектом социально-экономической модернизации ряда секторов национальной экономики и общества в целом.

В настоящее время все более широкое признание получают идеи и технологические феномены четвертой промышленной революции, ключевыми трендами которой являются: широкое внедрение интеллектуальных информационных систем во все сферах социальной практики, роботизация всех отраслей производства, развитие конвергентных технологий, таких как нано-, био- и информационных и когнитивных технологий), роботизация, развитие и внедрение smart-технологий, развитие беспилотных транспортных систем, внедрение сетевидного управления производственно-технологическими объектами, освоение альтернативных источников энергии, развитие технологий BlockChain, криптовалют и «Интернета вещей» [3, 4].

Вместе с тем, университет 4.0 является инновационным научно-образовательным комплексом, включающим отдельные компоненты и направления деятельности, которые обладают образовательными, информационными, технологическими, материальными ресурсами, а также человеческим потенциалом для решения принципиально нереализуемых на предприятиях промышленности задач. Прежде всего, это относится к задачам развития, инсталляции и использования конвергентных информационных, нано-, био- и когнитивных технологий. Такие задачи являются вызовами, характерными для нынешнего этапа интеллектуально-технологического развития цивилизации, когда изменяется структура передового производства, а центр тяжести интеллектуальных усилий смещается в область проектирования. Причем все особенности инновационного технологического продукта закладываются именно на этой стадии. Уметь так проектировать могут только инженеры с особым форматом мировоззрения, интеллектуальной базой и компетенциями мирового уровня. Подготовка специалистов такого уровня возможна лишь в условиях принципиально новой образовательной платформы, соответствующей модели технического университета 4.0 [5]. Очевидно, производительных сил, обусловленных развитием четвертой промышленной революции, будет неизбежно сопровождаться совершенствованием производственных отношений, что потребует смены образовательной парадигмы в следующей модели университетского образования – университет 4.0 – кластерная образовательная платформа, решающая не только долгосрочные образовательные, научно-исследовательские, проектно-инновационные и инновационно-коммерческие программы, а также принципиально новая система подготовки человеческого потенциала для будущего [6]. Наряду с этим, актуальной проблемой является обеспечение устойчивого функционирования и развития модели технического университета 4.0 в современных условиях трудно прогнозируемых последствий комплексного влияния факторов четвертой промышленной революции.

Цель работы – математическое моделирование и системный анализ инновационного научно-инновационного комплекса технического университета 4.0.

Моделирование и анализ функционирования технического университета 4.0. Системный анализ динамики развития инноваций в сфере высшего технического образования в современном мире в условиях «предсингулярной фазы» развития информационного общества, находящегося в условиях перехода к VI технологическому укладу, позволяет сделать неоднозначные выводы о потенциальных направлениях деятельности комплекса технического университета 4.0 [2, 3, 5]. Вместе с тем, функционирование технического университета 4.0 включает следующие направления:

- полифункциональность образовательной деятельности (МОД) университета 4.0, включая дифференциацию и диверсификацию образовательной подготовки студентов;
- консалтинговую деятельность и трансфер знаний (КДТЗ);
- коммерциализацию инновационных технологий (КИД);
- многоуровневую систему образования (МСО), включая бакалавриат, магистратуру, аспирантуру и докторантуру (в настоящее время один из трендов условиях Болонского образовательного пространства – интеграция аспирантуры в структуру университетов; на наш взгляд, целесообразно сохранить отечественную версию организации системы подготовки научных кадров высшей квалификации, включая аспирантуру и докторантуру, но включить эти ступени послевузовского образования в структуру технического университета 4.0);
- высокое качество образования (ВКО) бакалавров и магистров, а также научных кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) может быть оптимизировано в виде индивидуальных образовательных планов;
- индексные показатели относительного баланса контингентов обучающихся (БКО) на различных ступенях получения высшего и послевузовского образования, в т.ч.: соотношение магистрантов к бакалаврам ($\frac{N_{\text{маг}}}{N_{\text{бак}}} \leq 0,65$), аспирантов к магистрантам ($\frac{N_{\text{маг}}}{N_{\text{асп}}} \leq 0,2$), докторантов к аспирантам, успешно защитившим диссертации на соискание ученой степени кандидата наук ($\frac{N_{\text{док}}}{N_{\text{асп}}} \leq 0,15$), которые обучаются в университете (причем для устойчивого развития комплекса технического университета 4.0 важнейшее значение имеет оптимизация вышеназванных индексов);
- направления образовательной деятельности (НОД), соответствующих инновационным научным, технологическим и социально-гуманитарным направлениям для опережающего развития наиболее конкурентоспособных отраслей национальной экономики с учетом результатов системного прогнозирования мировых и национальных трендов социально-экономического и научно-технологического развития;
- интеграция потоков административно-управленческой информации (АУИ) на основе облачных технологий и методологии Big Data.

Тогда структурно-функциональная организация инновационного научно-образовательного комплекса технического университета (ИНОК ТУ) 4.0 может быть представлена с короткой моделью «восьмерка»:

$$\text{ИНОК ТУ 4.0} = \langle \text{МОД, КДТЗ, КИД, МСО, ВКО, БКО, НОД, АУИ} \rangle. \quad (1)$$

Важнейшее значение имеет обеспечение условий для устойчивого развития инновационного научно-образовательного комплекса технического университета 4.0. Для описания этих условий устойчивого развития технического университета 4.0 как инновационного научно-образовательного комплекса может быть использован набор традиционных подходов, хорошо зарекомендовавших себя в теории вероятности и теории надежности, включая, например, гамма-распределение плотности вероятности, которое при целочисленном значении k соответствует закону Эрланга.

Причем, если иерархическая модель инновационного научно-образовательного ком-

плекса технического университета 4.0 содержит k структурно-функциональных компонентов, действующих параллельно, то дезорганизация (трансформация, угасание) образовательной миссии такого университетского комплекса может прогнозироваться в направлении снижения эффективности процессов управления техническим университетом 4.0 на различных уровнях его иерархии и по и направлениям деятельности. При этом структурно-функциональную надежность технического университета 4.0 ($P_{\text{ТУ}4.0}$) как интегрированного образовательного комплекса может быть охарактеризована с помощью математической модели, представленной системой уравнений (2–8):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_{L_i}}{dt} = -K_i(L + P_i)P_i; \quad (2) \\ \frac{dP_{M_j}}{dt} = -K_j(L + P_i)(M + P_j)P_j; \quad (3) \\ \frac{dP_{N_q}}{dt} = -K_q(L + P_i)(M + P_j)(N + P_q)P_q; \quad (4) \\ P_L = \prod_{i=1}^L P_i; \quad (5) \\ P_M = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_j); \quad (6) \\ P_N = 1 - \prod_{q=1}^N (1 - P_q); \quad (7) \\ \frac{dP_{\text{ТУ}4.0}}{dt} = K_{\text{ТУ}4.0} P_L (1 - (1 - P_M)(1 - P_N)) P_{\text{ТУ}4.0}. \quad (8) \end{array} \right.$$

где P_{L_i} – эффективность технического университета 4.0 в зависимости от состояния i -го компонента образовательной системы;

P_{M_j} – эффективность технического университета 4.0 в зависимости от состояния j -го компонента организационно-управленческой системы;

P_{N_q} – эффективность технического университета 4.0 в зависимости от q -й академической и/или онлайн-сетевой образовательной группы (N_q);

L – количество универсальных метакомпетенций, а также социально-личностных и профессиональных компетенций выпускников;

M – количество компонентов организационно-управленческой системы университета 4.0;

N_q – количество локальных академических сообществ и/или онлайн-сетевых групп, которые характеризуются q участниками;

P_L – вероятность образовательной эффективности технического университета 4.0 в зависимости от L метакомпетенций, социально-личностных и профессиональных компетенций выпускников;

P_M – вероятность образовательной эффективности технического университета 4.0 в зависимости от M компонентов организационно-управленческой системы, в т.ч. функции, уровни, штаты и т.д.;

P_N – вероятность образовательной эффективности технического университета

4.0 в зависимости от числа локальных академических сообществ и/или онлайн-сетевых групп;

$P_{TU4.0}$ – вероятность устойчивого функционирования технического университета 4.0 как единой социотехнической системы;

$K_{TU4.0}$, K_i , K_j , K_q – постоянные, характеризующие, эффективность функционирования «вертикальных» взаимосвязей (K_i) организационных уровней в модели комплекса технического университета 4.0, «горизонтальных» взаимосвязей (K_j), направлений образовательной, научно-исследовательской, инновационной, коммерческой и социокультурной деятельности (K_q), а также исходный уровень потенциала научно-инновационной и социокультурной активности технического университета 4.0 ($K_{TU4.0}$).

Дальнейший анализ данной модели позволил выявить ряд особенностей технического университета 4.0 как интегрированной образовательной системы. В частности, функционирование эффективной информационной системы поддержки принятия управленческих решений в интересах обеспечения устойчивого функционирования и развития технического университета 4.0, основанной на сборе и анализе больших объемов данных, относящихся к образовательному процессу и функционированию учреждения образования в целом, является циклическим, при этом циклы могут идти как последовательно, так и параллельно, позволяя реализовывать несколько концепций управления, включая рефлексивное, адаптивное, и превентивное одновременно [9,10].

Как свидетельствует анализ доступной литературы и электронных ресурсов, одними из важнейших факторов, определяющих формат и направления развития модели технического университета 4.0, являются такие как: магистратура, аспирантура, инвестиции, инвесторы, технопарк, прогнозирование, стратегическое планирование, управление рисками, технологии Big Data.

Проблемы управления техническим университетом 4.0. Очевидно, что обеспечение устойчивого развития технического университета 4.0 в единую образовательную научно-инновационную кластерную сеть комплекс возможно лишь на основе перехода к концепции принципиально новой системы поддержки принятия управленческих решений, которая была бы интегрирована со всеми его иерархическими уровнями, горизонтальными направлениями деятельности и функциями. Для обеспечения управления развитием технического университета 4.0 необходимо:

- создание надежно функционирующей информационно-телекоммуникационной инфраструктуры системы управления техническим университетом 4.0, включающей базы данных, распределенные факультетам, кафедрам, направлениям подготовки будущих специалистов (специальностям) и специализациям, курсам и академическим группам, запросам электронных руководств по учебным дисциплинам;

- построение кластеров обработки потоков данных, связанных системой хранения и обработки данных;

- обработка потоков статистических данных является основной задачей, наиболее сложной в инженерном отношении, которая включает разработку алгоритмов эффективного анализа большого количества данных, связанных с функционированием комплекса технического университета 4.0 как образовательной системы, на основе разнообразных интегрированных алгоритмов интеллектуальной обработки данных и машинного обучения;

- широкое внедрение алгоритмов и технологий визуализации данных, которые являются компонентом комплексного анализа и принятия решений в администрировании технического университета 4.0;

- применение электронных дидактических технологий, обеспечивающих повышение качества образовательного процесса, академической успеваемости студентов бакалавриата, магистратуры, а также слушателей аспирантуры и докторантуры на основе оптимизации

индивидуальных образовательных маршрутов обучающихся.

Практическая реализация модели управления технического университета 4.0 требует использования технологий Big Data, в частности, на основе концепции модели распределённых вычислений, разработанной компанией Google для параллельных вычислений над большими данными, вплоть до нескольких петабайт [7].

Важнейшими компонентами технического университета 4.0 являются «научные парки», «исследовательские парки», «технопарки» и «технополисы». К основным функциям технопарков и технополисов можно отнести [8, 9]:

- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- «выращивание» малых инновационных фирм;
- создание новых рабочих мест для высококвалифицированных специалистов эффективное использование трудового инновационного потенциала;
- формирование взаимоотношений между техническим университетом 4.0, технопарком (научным парком, технополисом), бизнес-инкубатором и промышленностью;
- предоставление новых источников доходов финансирования технического университета 4.0, его технопарков, инновационными площадками;
- образование и развитие современной инфраструктуры технопарка и кооперация с другими организационными формами;
- эффективное использование и развитие научно-технического потенциала НИИ, ВУЗов и промышленности.

Социально-экономическая значимость и эффективность технопарков и технополисов заключается в:

- развитии наукоемкого производства и распространении новых технологий;
- экономическом и социокультурном развитии регионов и территорий, отсталых в социально-экономическом отношении;
- появлении новых урбанизированных поселений и научно-технологических агломераций;
- интернационализации экономик;
- росте занятости населения и увеличении прослойки работников умственного труда;
- формировании социальной инфраструктуры и повышения качества жизни.

Основной структурной единицей технопарка является центр. Обычно в структуре технопарка представлены: инновационно-технологический центр, учебный центр, консультационный центр, информационный центр, маркетинговый центр, промышленная зона. Каждый из центров технопарка предоставляет специализированный набор услуг, например, услуги по переподготовке специалистов, поиску и предоставлению информации по определенной технологии, юридические консультации и т.п. В состав технопарка в качестве его отдельного структурного элемента может входить технологический парк, технополис, бизнес-инкубатор. В настоящее время известны три типа модели: американская, японская и смешанная [9, 10].

В этой связи представляется актуальной и практически целесообразной разработка информационно-аналитической системы на основе образовательного сегмента онлайн-социальной сети, что позволит оптимизировать индивидуальные планы и сценарии повышения качества образовательной деятельности в условиях функционирования технического университета 4.0 как принципиально нового уровня эволюции университетских образовательных систем в условиях развития цифровой революции. По-видимому, одной из наиболее эффективных является многомерная технология OLAP (Multidimensional OLAP – MOLAP) для оперативного управления комплексом технического университета 4.0. Для решения задач стратегического управления, планирования и прогнозирования функци-

онирования технического университета 4.0, а также для хранения базовых данных и многомерных таблиц для wiki-агрегатов, агрегирования и детализации данных из Интернет-ресурсов целесообразно использовать WOLAP-технологии (Web-based OLAP – OLAP ориентированный на Web), обеспечивающую высокую производительность в сочетании со всеми преимуществами, которые предоставляет Web-приложение. Архитектура WOLAP предполагает использование возможностей Web. WOLAP-системы выполняют аналитические функции, такие как агрегирование и детализация больших потоков слабоструктурированных данных из Интернет [11, 12]:

Системный анализ модели комплекса технического университета 4.0. Для дальнейших исследований была предложена гипотеза о том, что технический университет как социокультурный феномен отображается некоторым образом в общественном сознании и может быть представлен и описан как терм (выражение формального языка) сигнатуры, включающей множество предикатов, определяемых индуктивно на основе анализа тематических запросов пользователей в поисковых системах русскоязычного сегмента Всемирной Паутины. Причем множество термов $T(S)$ некоторой сигнатуры $S = \langle X_1, X_2, \dots, X_n \rangle$ характеризует как отдельные функции технического университета 4.0, так и состояние его структурных компонентов и иерархических уровней.

Для системного анализа условий устойчивого развития технического университета 4.0 использованы такие математико-статистические методы, как множественный корреляционный анализ, множественный линейный регрессионный анализ, а также аппроксимация линий динамических трендов исследуемых предикатов, являющихся характеристикам технического университета 4.0. Статистическая обработка и анализ данных, агрегированных из Интернет, осуществлялась с помощью электронного процессора MS Excel 2013 и пакета прикладных программ MATLAB for Windows 8.0.

Во-первых, с помощью метода множественного корреляционного анализа изучены корреляционные связи запроса по словосочетанию «технический университет» и с другими словосочетаниями, в частности, «устойчивое развитие» ($r^2 = -0,5208$), «технополис» ($r^2 = -0,1231$), «лизинг» ($r^2 = -0,5723$), «технопарк» ($r^2 = -0,5260$), «инвесторы» ($r^2 = -0,4643$), «стратегическое планирование» ($r^2 = -0,3608$), «прогнозирование» ($r^2 = -0,3115$), «Big Data» ($r^2 = -0,4325$).

Выбранный в качестве ведущего терм «технический университет» в пространстве запросов пользователей в Интернет коррелирует с рядом других термов, которые можно рассматривать в качестве предикатов, содержащих описания определенных функций ведущего термина с помощью предикатов. В качестве основных предикатов, характеризующих технический университет как социокультурный феномен, являются устойчивое развитие (X_1), технополис (X_2), лизинг (X_3), технопарк (X_4), инвесторы (X_5), стратегическое планирование (X_6), прогнозирование (X_7), Big Data (X_8).

Во-вторых, с помощью метода множественного регрессионного анализа разработана математическая модель, характеризующая зависимость, представленная уравнением (9):

$$TU = -1,41X_1 + 0,088X_2 - 0,45X_3 - 0,2X_4 - 0,49X_5 - 2,1X_6 - 1,2X_7 + 0,014X_8, \quad (9)$$

$(R^2=0,885; F=1,303 \cdot 10^{-43})$

где X_1 – устойчивое развитие; X_2 – технополис; X_3 – лизинг; X_4 – технопарк; X_5 – инвесторы; X_6 – стратегическое планирование; X_7 – прогнозирование; X_8 – Big Data.

Необходимо отметить, что частоты запросов по всем выше названным факторам, были исследованы на явление мультиколлинеарности – т.е. наличие линейной зависимости между объясняющими переменными (факторами) регрессионной модели. При этом необходимо различать полную коллинеарность, которая означает наличие функциональной (тождественной) линейной зависимости и частичную (просто мультиколлинеарность) –

наличие сильной корреляции между факторами. Полная коллинеарность приводит к неопределенности параметров в линейной регрессионной модели независимо от методов оценки. Визуализация динамики и трендов ключевых Интернет-запросов «Технический университет», «Технополис», «Технопарк», «Инвестор», «Лизинг», «Big Data» в период с января 2010 г. по январь 2019 г. представлены на рисунке 1.

Как свидетельствует анализ линейной регрессионной модели, в реализации рассматриваемой модели технического университета 4.0 важную роль играют такие факторы, как лизинг высококвалифицированных специалистов, включая ученых, преподавателей, научных консультантов, ученых, инженерно-технических работников, а также технопарк, инвесторы, стратегическое планирование и прогнозирование.

В-третьих, с помощью метода аппроксимации линией тренда разработаны модели динамики Интернет-запросов, построенные аппроксимации трендов полиномиальной функцией 6-го порядка для ключевых запросов, таких как «технический университет», «технополис», «технопарк», «инвестор», «лизинг» и «Big Data». Разработанные модели представлены уравнениями (10–15):

$$[\text{Тех.университет}] = -4 \cdot 10^{-10}t^6 + 10^{-7}t^5 - 2 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,001t^3 - 0,0274t^2 + 0,2167t + 11,725 \quad (R^2 = 0,2058); \quad (10)$$

$$[\text{Инвесторы}] = 5 \cdot 10^{-10}t^6 - 2 \cdot 10^{-7}t^5 + 2 \cdot 10^{-5}t^4 - 0,001t^3 + 0,0259t^2 - 0,2525t + 5,4377 \quad (R^2 = 0,3596); \quad (11)$$

$$[\text{Лизинг}] = 2 \cdot 10^{-10}t^6 - 4 \cdot 10^{-8}t^5 + 3 \cdot 10^{-6}t^4 + 3 \cdot 10^{-6}t^3 - 0,0047t^2 + 0,0589t + 30,977 \quad (R^2 = 0,4146); \quad (12)$$

$$[\text{Технопарк}] = 3 \cdot 10^{-9}t^6 - 9 \cdot 10^{-7}t^5 + 0,0001t^4 - 0,0058t^3 + 0,146t^2 - 1,1272t + 19,942 \quad (R^2 = 0,8534); \quad (13)$$

$$[\text{Технополис}] = 4 \cdot 10^{-9}t^6 - 10^{-6}t^5 + 0,0002t^4 - 0,0124t^3 + 0,362t^2 - 4,1263t + 62,31 \quad (R^2 = 0,3056); \quad (14)$$

$$[\text{Big Data}] = -4 \cdot 10^{-9}t^6 + 10^{-6}t^5 - 0,0001t^4 + 0,006t^3 - 0,0681t^2 + 0,0415t + 6,2255 \quad (R^2 = 0,9798). \quad (15)$$

Анализ разработанных моделей позволяет сделать предварительные выводы о том, что в период с января 2010 г. по январь 2019 г. динамика Интернет-запросов по ключевой фразе «технический университет» характеризовалась общей понижающей тенденцией.

Вместе с тем, отмечена тенденция к значительному увеличению запросов по ключевым словам «устойчивое развитие», «технополис», «технопарк», «лизинг», «инвесторы». Динамика запросов по ключевой фразе «Big Data» также неуклонно возрастала, преодолевая область максимума и стабилизируясь, отмечена некоторая флуктуация линии аппроксимации с визуальной тенденцией к снижению.

В свою очередь, это может отражать переориентацию приоритетов социальных приоритетов в область высокотехнологических и наукоёмких производств в формате технопарков, технополисов, поддерживаемых инвесторами, а также развития лизинговых услуг высококвалифицированного персонала на фоне постепенного угасания интереса к техническим университетам и технологиям Big Data.

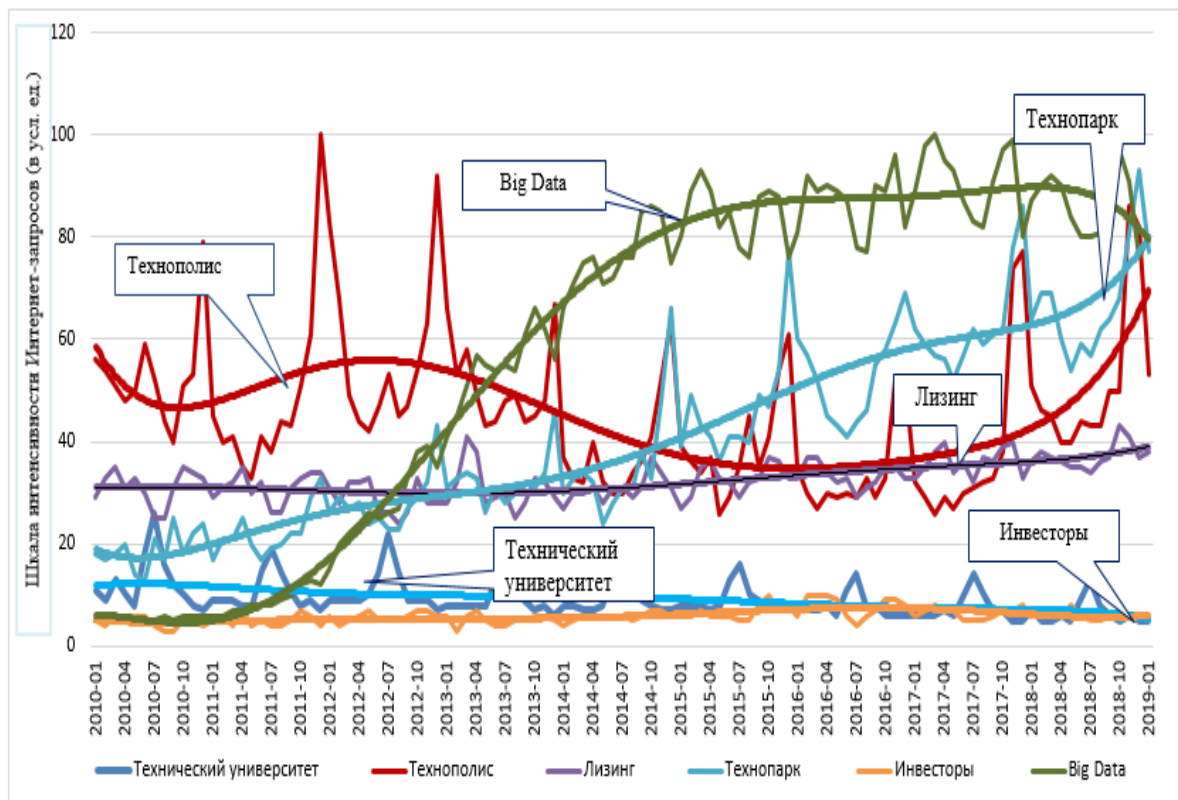


Рисунок 1. Характеристика динамики и трендов ключевых Интернет-запросов «Технический университет», «Технополис», «Технопарк», «Инвестор», «Лизинг», «Big Data» в период с января 2010 г. по январь 2019 г.

Заключение

1) Реализация модели технического университета 4.0 предоставляет ряд преимуществ на рынке образовательных услуг вследствие опережающего характера и оптимизации управления образовательной деятельностью, повышения качества образования, интенсификации организационно-управленческих изменений, совершенствования учебных планов и учебных программ по принципиально новым учебным дисциплинам, а также индивидуальных образовательных маршрутов студентов, магистрантов и аспирантов для оптимизации их индивидуальной перманентной образовательной деятельности в современных условиях [10].

2) Принципиальная новизна модели технического университета 4.0 заключается в обеспечении развития универсальных, метапредметных академических, профессиональных и социально-личностных компетенций студентов и выпускников в процессе перманентного образования на основе использования MOLAP- и WOLAP-технологий для оперативного и стратегического управления, а также планирования и прогнозирования результатов функционирования технического университета 4.0. Для агрегирования и детализации больших потоков слабоструктурированных Интернет-ресурсов целесообразно использовать WOLAP-архитектуру обработки данных из Интернет [11, 12].

Важнейшей целью реализации этой системы управления образовательной деятельностью в модели технического университета 4.0 является формирование и оптимизация индивидуальных образовательных маршрутов и асинхронных учебных планов на основе вероятностных моделей организации и управления образовательной деятельностью студентов технического университета 4.0 [13, 14].

3) На основе анализа аппроксимационных моделей (уравнения 9–15) трендов динамики Интернет-запросов с помощью полиномиальной функции 6-го порядка можно сформулировать предположение о начале трансформации векторизации высшего технического образования в направлении подготовки высококвалифицированных специалистов на платформах отраслевых технопарков и технополисов, в условиях выполнения научных исследований и технических проектов, что требует научно-методического сопровождения с помощью проектных технологий высшего профессионального образования в условиях четвертой промышленной революции.

4) Как свидетельствуют результаты анализа линейной регрессионной модели инновационного образовательно-исследовательского комплекса технического университета 4.0 в его функционировании важную роль играют такие факторы, как лизинг высококвалифицированного персонала, включая ученых, разработчиков и проектировщиков объектов сложной техники и новых технологий, инженерно-технических работников, обеспечивающих технологические цепочки высокотехнологических производств, активности инвесторов и объемы инвестиций, стратегическое планирование и научно-техническое прогнозирование, а также технологии Big Data.

Литература

- [1]. Игнатов, И.И. Роль Акта Бэя-Доула (Bayh-Dole Act-1980) в трансфере научных знаний и технологий из американских университетов в корпоративный сектор: итоги тридцатилетнего пути / И.И. Игнатов // Наука. Инновации. Образование. – 2012. – N12. – С. 159–188.
- [2]. Карпов, А.О. Образование для общества знаний: генезис и социальные вызовы / А.О. Карпов // Общественные науки и современность. – 2015. – N5. – С. 86–101.
- [3]. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. – М.: Эксмо, – 2016. – 278 с.
- [4]. Curley, M. University ecosystems design creative spaces for idea generation and start-up experimentation / M. Curley, P. Formica // In: M. Curley, P. Formica (eds.). The experimental nature of new venture creation: Capitalizing on open innovation 2.0. N.Y.: Springer, –2013. – 13–23.
- [5]. Карпов, А.О. Современный университет как драйвер экономического роста: модели и миссии / А.О. Карпов. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://institutiones.com/general/2975-sovremennyi-universitet.html>. – Дата доступа: 19.01.2019.
- [6]. Модель для сборки университетов 4.0, или Для кого не наступит будущее. Что делать вузам, чтобы выжить в меняющемся мире. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://indicator.ru/article/2017/09/22/konferenciya-5-100-university>. – Дата доступа: 08.05.2018.
- [7]. Ralf Lammel. Google’s MapReduce Programming Model — Revisited. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://userpages.uni-koblenz.de/~laemmel/MapReduce/paper.pdf>. – Дата доступа: 20.02.2018.
- [8]. Васильева, Т.Н. Технопарки, технополисы, наукограды : учебное пособие / Т.Н.Васильева. – 2-е изд. – М.: Российский государственный институт интеллектуальной собственности, 2005. – 147 с.
- [9]. Друкер, П. Эпоха разрыва: ориентиры для нашего быстро меняющегося общества / П. Друкер // Перевод с англ. Б.Л. Глушакова. М.: Изд. дом “Вильямс”, 2007. – 336 с.
- [10]. Давыдовский, А.Г. Моделирование управления многопрофильным исследовательским техническим университетом 3.0 / А. Г. Давыдовский, Н.В. Лапицкая, И.А. Лобков, А.В. Пищова // Высшее техническое образование : проблемы и пути развития = Engineering education: challenges and developments : материалы IX Международной научно-методической конференции, Минск, 1-2 ноября 2018 года / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 123 – 126.
- [11]. Андреев, А.Н. Классификация OLAP-систем вида xOLAP / А.Н.Андреев // Режим доступа: http://citforum.ru/consulting/BI/xolap_classification/. – Дата доступа: 20.02.2018.
- [12]. Wrembel, R. Data warehouses and OLAP: concepts, architectures, and solutions / R. Wrembel, C. Koncilia // IRM Press, 2007. – P. 1–26.
- [13]. Муганов, Г.М. Управление, ориентированное на результат (на примере образовательной системы) / Г.М. Муганов, Ж.Д. Мамыкова, С.К. Кумаргажанова. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. – 100 с.
- [14]. Поташева, Г.А. Синергетический подход к управлению: монография / Г.А. Поташева. – М.: ИНФОР-М, 2012. – 160 с.

SYSTEM ANALYSIS OF INNOVATIVE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL COMPLEX OF TECHNICAL UNIVERSITY 4.0

A.G. DAVIDOVSKY

*PhD (Candidate of Biological Sciences),
Associate Professor,
Associate Professor
of BSUIR*

N.V. LAPITSKAYA

*PhD (Candidate of Technical Sciences),
Associate Professor,
Head. Department of Software of Information
Technologies of BSUIR*

M.I. MOROZOVA

*PhD (Candidate of Pedagogical Sciences),
Associate Professor of Pedagogy and Pedagogical
Technologies Department of Leningrad State
University named after Pushkin,
St. Petersburg, Russian Federation*

A.V. PISHCHOVA

*PhD (Candidate of Pedagogical Sciences), As-
sociate Professor
Associate Professor of BSPU
named after Maxim Tank*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
Leningrad State University named after Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation,
Belarussian State Pedagogical University named by Maxim Tank, Republic of Belarus
E-mail: agd2011@list.ru; anita_17@list.ru; lapan@bsuir.by*

Abstract. Has been presented the results of mathematical modeling and system analysis of innovative scientific and educational complex of technical University 4.0. The assumption is made about the beginning of the transformation of higher technical education in the direction of creating educational platforms based on technoparks and technopolises in the implementation of research and technical projects. The functioning of the technical University 4.0 depends on such factors as the leasing of highly qualified personnel, including scientists, developers and designers of complex equipment and new technologies, engineering and technical personnel, providing technological chains of high-tech industries, investor activity and investment volumes, strategic planning and scientific and technical forecasting, as well as Big Data technologies.

Keywords: Technical University 4.0, Internet user's requests, multiple correlation and regression analysis, approximation, system analysis.