

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 338(476):002:004(0)

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ В НОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

*Баранов Александр Михайлович (axmbaranov@rambler.ru)*

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины*

Рассмотрен генезис дефиниций кластера, выявлены и проанализированы преимущества кластерного подхода в информационной экономике, предложена принципиально новая форма сетевого взаимодействия – информационный кластер, предложена имитационная модель функционирования информационного кластера на основе динамического ряда изменения внешних сигналов во времени.

*Ключевые слова:* информационный кластер, аутсорсинг, электронная торговля, ИТ-обучение, телеработа, Internet-фонд, имитационная модель, динамический ряд.

*Введение.* Согласно институционально-эволюционной методологии необходимо исследовать динамические изменения экономических процессов и явлений, основываясь на фундаментальном принципе – *экономическая система – совокупность постоянных инноваций*. Для новой информационной экономики, отличающейся новым технологическим способом производства инновационность становится неизменным атрибутом и потребностью. Между тем, на современном этапе развития уменьшилось количество прорывных инноваций (макроизобретений). С конца XX века развитие идёт преимущественно по пути ускоренной оптимизации (за счёт микроизобретений). В этих условиях основополагающую роль играет постоянное динамичное обновление и совершенствование хозяйственной деятельности, которое становится возможным только благодаря созданию интегрированных корпоративных структур нового поколения (*информационные кластеры*), объединяющих органы власти, финансовые, бизнес-структуры, научно-исследовательские центры и другие субъекты экономики с помощью информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в целях достижения эффекта синергии их взаимоотношений.

*Основная часть.* В современной информационной экономике традиционное отраслевое деление утрачивает свою актуальность [8]. На первое место выходят *кластеры* как системы социально-экономических взаимосвязей [9-15]. Возможность развития благодаря *тесному информационному взаимодействию* в процессе проектирования, производства и реализации продукции обозначил ещё *К.Маркс* «в самом акте воспроизводства изменяются сами производители, вырабатывая в себе новые качества, развивая и преобразовывая самих себя благодаря производству, создавая новые способы общения, новые потребности и новый язык» [6, С. 213–215].

Экстраполируя трансформационные процессы, происходящие под влиянием информационной экономики, на стратегию инновационного кластерного подхода, сформулируем но-

*вое понятие – информационный кластер как внепространственная агрегация субъектов экономики на основе установления информационных каналов связи, предполагающая синергию конкуренции и кооперации.*

С нашей позиции, можно выделить *принципиальные отличия информационного кластера:*

1. Субъекты информационного кластера связаны *вертикальными информационными каналами*. Между крупными фирмами и их поставщиками, участниками кластера, устанавливаются стабильные экономические связи, позволяющие повысить эффективность доступа как к материальным, так и к информационным ресурсам (за счёт формирования информационных каналов по системе business-to-business). Так, поставщики компании Dell имеют постоянный Internet-доступ к содержанию их заказов через корпоративный портал Dell. Они могут организовать своё производство и поставки так, чтобы компания Dell постоянно имела всё необходимое для эффективной организации производственного процесса. Допуская поставщиков в свою базу данных, руководство Dell считает, что они будут постоянно в курсе о любых изменениях спроса. С другой стороны, Dell через web-сайт даёт заказчикам доступ к информации о прохождении их заказа через свою производственную цепочку, что позволяет покупателям проследить изменения статуса в исполнении их заказа от момента его начала на заводе до момента окончания возле двери покупателя [11, с. 18]. Для обеспечения доступа партнёров к ресурсам и знаниям каждый из них может использовать локальную объектно-ориентированную концептуальную схему, в которой все ресурсы представлены как объекты и отражены их свойства, связи, ограничения и операции. Затем строится глобальная концептуальная схема всего кластера, которая образуется из локальных схем и дополнительных ресурсов. Такая *концептуальная схема вместе с другой информацией* образует совместную *метаинформационную базу*.

Благодаря системе электронной торговли крупные фирмы и их поставщики имеют низкие

издержки реализации продукции (по некоторым подсчётам *электронная торговля* позволяет достичь *снижения себестоимости на 30–50%*). Так, если традиционные поставщики предлагают в среднем 20 конфигураций персональных компьютеров (ПК), то компания Dell предоставляет потребителям возможность комбинировать компьютерные комплектующие на своём сайте, подбирая самостоятельно необходимую аппаратную конфигурацию вплоть до мельчайших деталей – таким образом, Dell предлагает покупателям свыше 10 млн. различных вариаций ПК. Продавая компьютеры по каталогу, компания Dell обходится без товарных запасов, тем самым обеспечивая широкий ассортимент без высоких затрат на хранение готовой продукции [11]. Фирма Sisco Systems более 80% продукции выпускает под заказы, полученные через Internet. И даже в медицине одним из наиболее перспективных направлений становится «индивидуальная фармацевтика», когда лекарство изготавливается в расчете на конкретного больного с учетом всего комплекса особенностей его заболевания.

2. *Горизонтальные сетевые связи* информационного кластера. С нашей позиции, *научно-исследовательский центр (НИЦ) создаёт необходимую научно-технологическую базу* (технология, информационные товары/услуги, методы повышения эффективности производства и пр.). При этом использование современных ИКТ позволяет в режиме реального времени передать информационный продукт предприятиям. НИЦ обязаны не только изучать потребности своих партнёров в информационно-технологическом обновлении производства, но и постоянно оценивать свой интеллектуальный потенциал, инновационные ресурсы [1].

НИЦ также *занимается повышением квалификации необходимых специалистов по системе дистанционного ИТ-обучения (E-Learning)*, позволяющей обеспечить эффект общения между преподавателем и обучаемым в реальном времени (независимо от того, на каком расстоянии они находятся друг от друга), что всегда было преимуществом очного обучения. В информационном кластере ИТ-обучение не заменяет необходимость получения стационарного высшего образования, базирующегося на фундаментальных знаниях, оно служит только средством повышения квалификации в конкретной сфере компетенции. При этом для повышения квалификации сотрудников можно использовать дистанционные учебные курсы ведущих преподавателей и специалистов со всего мира.

Информационный кластер направлен на поддержку творческой и исследовательской активности за счёт *привлечения идей всего глобального мирового сообщества*. Не обязательно генерировать идеи самостоятельно,

можно грамотно организовать их трансфер. Так, в корпорации Procter & Gamble около 20% новых разработок проводится сегодня за пределами организации, причем их эффективность настолько высока, что руководство компании хочет довести эту долю до 50%. В качестве примера может служить поиск данной компанией формулы вещества, позволяющего вывести пятна с одежды. Руководство Procter & Gamble обратилось к учёным всего мира, предложив премию в 50 млн. долларов за самый удачный вариант. В данном случае руководство Procter & Gamble, вместо того чтобы воспользоваться услугами немногочисленных собственных специалистов, решило привлечь к решению задачи лучшие умы человечества. Показателен пример IBM и Lotus, которые предложили систему хозяйственной деятельности, основанную на детерминирующих факторах информационного взаимодействия. Согласно данной системе, какие бы задачи не стояли перед организацией и её отдельными сотрудниками, всегда существуют люди (коллеги, партнеры, заказчики, друзья), которые являются специалистами в данной сфере. Следовательно, с помощью ИКТ необходимо выявить, кто может помочь решить данную проблему, кто из экспертов находится в данный момент времени в режиме on-line и осуществить эффективное проведение такой экспертизы.

*С помощью систем телеработы (telework)* у предприятий кластера появляется *возможность привлечения дополнительных квалифицированных трудовых ресурсов*, экономии затрат на помещение и персонал; привлечение к работе территориально удалённых высококвалифицированных специалистов; возможность замены постоянного штата временными исполнителями; возможность создания рабочих групп из исполнителей, которые не привязаны к определённому офису и могут, например, с помощью систем мобильной связи поддерживать контакт друг с другом и заказчиками вне зависимости от своего географического положения. Традиционно сотрудники, выполняющие каждую бизнес-функцию, собраны в одном месте: при этом финансовый отдел может быть в одном городе, а отдел по работе с клиентами – в другом. Однако средства ИКТ позволяют любой группе продуктивно работать вместе, вне зависимости от того, находятся все они в одном офисе, в одном городе или даже в одной стране.

*Группа работников для создания проекта формируется по мере необходимости*, при этом один и тот же учёный, программист или инженер может одновременно быть участником нескольких инновационных проектов, выполняемых разными творческими коллективами. Подобный способ взаимодействия был использован в США в институте IC2 в Остине под ру-

ководством известного учёного-предпринимателя в сфере коммерциализации инноваций, профессора Дж. Козмецкого [14].

Крупные фирмы отдают большую часть бизнес-процессов и производственных функций мелким субподрядчикам на *аутсорсинг*. Это даёт возможность сконцентрировать усилия персонала на решении основных задач, а *выполнением вспомогательных функций*, таких как доставка, бухгалтерский учёт, производство и пр., занимаются *специалисты вне компании*. Таким образом, *крупное предприятие информационного кластера* представляет собой *ядро, окружённое гибкой сетью наилучших поставщиков* необходимых услуг, которые, как модули в конструкторе, могут быть включены и исключены по мере необходимости. Модульный принцип организации, отсутствие централизации и возможность быстрого создания объединений и исследовательских коллективов повышают динамическую адаптивность и гибкость системы, делая её похожей на экосистему.

Информационный кластер обеспечивает эффективное сотрудничество между мелкими субпоставщиками, которые могут совместно использовать ресурсы, разрабатывать продукты в режиме реального времени, осуществлять синхронное проектирование для совместной борьбы за проекты. При этом *мелкие поставщики становятся элементами системы, то есть принимают общие технические решения*, а не просто собирают комплектующие, изготовленные в соответствии с требуемыми техническими характеристиками. Это приводит к деформации философии управления. *Поставщики комплектующих* не ассоциируются с низкотехнологичным и затратным производством, они *становятся высокотехнологичными компаниями*. Крупные компании, представляющие ядро кластера должны осуществлять постоянный трансфер знаний своим субпоставщикам, а затем продвигать результаты их инноваций через все звенья производственной цепочки поставок, что позволит обеспечить создание совместных ценностей и гибких инноваций, а также позволит использовать их независимо от географических границ, отраслевых барьеров и корпоративной культуры.

Представляется, что в формировании информационного кластера важную роль будут играть *венчурные Internet-фонды*, финансирующие разработки новых продуктов и созда-

ние инноваций. Сейчас в электронной среде Internet уже действуют подобные фонды. Их активность можно наблюдать на примере Net-Bridge, Red-stars.com, Port.ru и др. При этом около 30% проектов, в которые фонды вкладывают средства, не реализуются, 30% проектов позволяют вернуть затраченные на них деньги, ещё 30% проектов приносят некоторую прибыль, а оставшиеся 10% проектов становятся настолько успешными, что позволяют окупить все расходы [2]. Таким образом, распространение ИКТ приводит к тому, что не только информационные и интеллектуальные, но и финансовые ресурсы могут быстро передаваться в центр информационного кластера.

*Аксиоматика* современной информационной экономики не может быть раскрыта без математического аппарата исследования, в рамках которого только *имитационное моделирование* позволяет соединять возможности математических методов с практическим и теоретическим опытом специалистов. В соответствии с имитационным моделированием любой объект исследования можно представить как систему. Рассмотрим пример организационной модели *информационного кластера* (рис. 1) в виде упрощённой системы с заданными переменными.

На рисунке 1 мы показали, что крупные предприятия информационного кластера не связаны с поставками из внешней среды, а венчурные фонды не финансируют крупные предприятия (за исключением первоначальной стадии развития кластера) – они получают денежные средства в результате реинвестиций из прибыли. В более подробной схеме необходимо отразить большее количество переменных  $X$  и  $Y$ . Необходимо отметить, что переменная  $X$  является входной для принимающей системы, но превращается в  $Y$  для системы, из которой она выходит. Так, поставка сырья – это переменная  $X$  для поставщиков и  $Y$  – для институциональных потребителей. Дополнительно в любую модель системы необходимо ввести *параметры системы* ( $P1, P2, P3$  и т.д.) и *состояния системы* ( $Z1, Z2, Z3$  и т.д.). *Состояния системы* фиксируют все изменения, происходящие в системе вследствие прихода входных сигналов или по причине внутренних изменений (текущее время, дефицит оборудования, степень информационной ёмкости и т.д.)

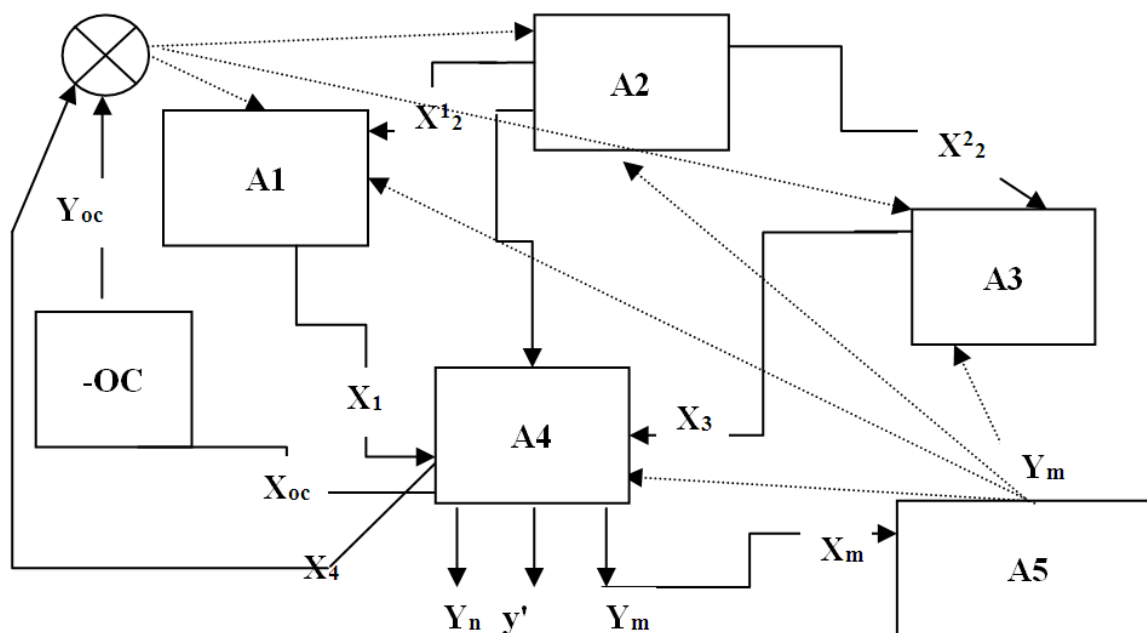


Рисунок 1. Схема взаимодействия систем информационного кластера

A1 – поставщики;  $X_1$  – сырьё, оборудование и пр.;

A2 – НИЦ;  $X^1_2, X^2_2, X^3_2$  – E-learning, инновации;

A3 – субподрядчики;  $X_3$  – аусорсинговые бизнес-процессы (дизайн, маркетинг, тестирование, дистрибуция и т.д.);

A4 – крупные предприятия;  $Y_n, Y_{n+1}$  – выходные переменные крупных фирм (количество выпущенной продукции, производительность, стоимость и т.д.);  $Y_m$  – денежные потоки;  $X_4$  – телеработники крупного предприятия;

A5 – венчурный фонд;

- OC – система отрицательной обратной связи с потребителями (выходной сигнал системы анализируется и сопоставляется с целевым значением реакции).

В дополнение теоремы неполноты Годела [1], выдающийся учёный У. Эшби сформулировал фундаментальный закон управления – «теорему о необходимом разнообразии» [4], одно из следствий которой поясняет, что разнообразие системы должно быть не меньше разнообразия управляемого объекта. Таким образом, если объект управления представляет собой очень сложную систему (например, информационный кластер), то его управляющая подсистема должна иметь не меньшую сложность.

С нашей позиции, определение разнообразия информационного кластера является детерминирующим фактором его развития. Предположим, он состоит из 15 мелких поставщиков ( $A_1$ ), 1 НИЦ ( $A_2$ ), 30 субподрядчиков ( $A_3$ ), 3 крупных предприятий (ядро кластера) ( $A_4$ ), 1 венчурного фонда ( $A_5$ ). Для определения количества разнообразия системы воспользуемся подходом Н. Бусленко [2]. Допустим, в информационном кластере имеется пять типов элементов ( $n=5$ ). Элемент первого типа (поставщики) имеет весовой коэффициент  $S_1=20$ , второго типа НИЦ  $S_2=15$  и третьего типа (субподрядчики)  $S_3=8$ , крупные предприятия –  $S_4=30$ , венчурный фонд  $S_5=10$ .

При этом необходимо учитывать долю реализованных в системе связей, которая определяется путём деления фактического числа связей ( $F$ ) на квадрат максимально возможного числа связей между элементами. Фактическое число связей для информационного кластера может быть значительно ниже максимального – ведь поставщики друг с другом связаны плохо. Допустим,  $F=900$ ,  $y$  – коэффициент, учитывающий разнообразие связей по сравнению со сложностью элементов (для простоты расчёта примем равным 1000).

Тогда количество разнообразия системы с учётом связей системы:

$$S = (1 + y(F / (\sum_{i=1}^n A_i)^2)) \sum_{i=1}^n S_i A_i = 1 + 1000(900 / (15 + 1 + 30 + 1 + 3)^2) \times 20 \times 15 + 15 \times 1 + 8 \times 30 + 30 \times 3 + 10 \times 1 = 236455 \quad (1)$$

В любых комплексных системах (в том числе в информационном кластере), одной из наиболее трудных задач является проблема анализа входных данных из внешней среды. Для решения данной задачи применим необходимо построить динамический ряд *изменения внешних сигналов во времени аддитивной формы*, подчиняющийся закономерности [3, с. 25]:

$$Yt = Ut + Vt + Et + Zt + \eta t \quad (2)$$

где  $Ut$  – тренд динамического ряда, регулярный элемент;

$Vt$  – циклический элемент;

$Et$  – случайный элемент, образующаяся под влиянием неизвестных причин;

$Zt$  – элемент сопоставимости компонентов динамического ряда;

$\eta t$  – управляющий элемент, задающий необходимую траекторию изменения.

Рассмотрим в качестве входных данных количество необходимых предприятиям информационного кластера комплектующих, поставляемое мелкими субпоставщиками (табл. 1). Для построения имитационной модели возьмём данные о поставках за предыдущий период времени (2018 год) –  $y_i$ , когда предприятия действовали на рынке самостоятельно, и введём неизвестную переменную –  $y_k$ , соответствующую поставкам в 2019 году (после образования информационного кластера).

Для определения  $Ut$  и  $Vt$  построим гиперболические зависимости:

- для предприятий вне информационного кластера:

$$y' = a_0 + \frac{1}{t} a_1 \quad (3)$$

- для предприятий информационного кластера:

$$y'' = b_0 + \frac{1}{t} b_1 \quad (4)$$

Для 2018 года (период до образования кластера) получим:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum \frac{1}{ti} = \sum y_i \\ a_0 \sum \frac{1}{ti} + a_1 \sum \frac{1}{ti^2} = \sum y_i \frac{1}{ti} \end{cases} \quad (5)$$

где  $n$  – количество периодов (в рассмотренном примере 12).

Для 2019 года (период после образования кластера):

$$\begin{cases} b_0 n + b_1 \sum \frac{1}{ti} = \sum y_k \\ b_0 \sum \frac{1}{ti} + b_1 \sum \frac{1}{ti^2} = \sum y_k \frac{1}{ti} \end{cases} \quad (6)$$

Таблица 1

Параметры гиперболического уравнения поставок комплектующих

Месяц	Номер месяца (ti)	ti <sup>2</sup>	1/ti	1/ti <sup>2</sup>	Поставки комплектующих	
					yi (2018)	yk (2019)
Январь	1	1	1	1	y <sub>i1</sub>	y <sub>k1</sub>
Февраль	2	4	0,5	0,25	y <sub>i2</sub>	y <sub>k2</sub>
Март	3	9	0,33	0,11	y <sub>i3</sub>	y <sub>k3</sub>
Апрель	4	16	0,25	0,06	y <sub>i4</sub>	y <sub>k4</sub>
Май	5	25	0,2	0,04	y <sub>i5</sub>	y <sub>k5</sub>
Июнь	6	36	0,17	0,03	y <sub>i6</sub>	y <sub>k6</sub>
Июль	7	49	0,14	0,02	y <sub>i7</sub>	y <sub>k7</sub>
Август	8	64	0,125	0,016	y <sub>i8</sub>	y <sub>k8</sub>
Сентябрь	9	81	0,11	0,012	y <sub>i9</sub>	y <sub>k9</sub>
Октябрь	10	100	0,1	0,01	y <sub>i10</sub>	y <sub>k10</sub>
Ноябрь	11	121	0,09	0,008	y <sub>i11</sub>	y <sub>k11</sub>
Декабрь	12	144	0,08	0,007	y <sub>i12</sub>	y <sub>k12</sub>

После подстановки значений  $a_0$  и  $a_1$  в формулу 3. Таким образом, мы находим тренд-циклическую составляющую ( $Ut+Vt$ ) динамического ряда *изменения внешних сигналов во времени* (формула 2), при этом, при формиро-

вании входных данных необходимо дополнительно произвести расчёт циклической компоненты  $Vt$  по *методу построения сезонных волн* или с помощью *гармонического анализа Фурье* [4, С. 74–79].

Для получения аналитической модели циклической компоненты применим ряд Фурье:

- для предприятий, необъединённых в информационный кластер:

$$y' = a_p + \sum (a_g \cos gt + c_g \sin gt) \quad (7)$$

- для предприятий информационного кластера:

$$y'' = b_p + \sum (b_g \cos gt + d_g \sin gt), \quad (8)$$

где  $g$  – номер гармоники

Степень точности аналитической модели зависит от числа рассчитанных гармоник. Для отыскания параметров уравнения используем метод наименьших квадратов.

- для предприятий, необъединённых в информационный кластер:

$$\sum_1^n (y_i - y'_i)^2 = \min \quad (9)$$

- для предприятий информационного кластера:

$$\sum_1^n (y_k - y''_i)^2 = \min \quad (10)$$

Необходимо найти частные производные вышеуказанных функций и приравнять их нулю – таким образом, мы получим систему нормальных уравнений:

- для предприятий, необъединённых в информационный кластер:

$$a_p = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i, \quad (11)$$

$$a_g = \frac{2}{n} \sum_1^n y_i \cos g t_i, \quad (12)$$

$$c_g = \frac{2}{n} \sum_1^n y_i \sin g t_i \quad (13)$$

- для предприятий информационного кластера:

$$b_p = \frac{1}{n} \sum_1^n y_k, \quad (14)$$

$$b_g = \frac{2}{n} \sum_1^n y_k \cos g t_i, \quad (15)$$

$$d_g = \frac{2}{n} \sum_1^n y_k \sin g t_i \quad (16)$$

Параметры уравнений зависят от значений  $y_i$  и  $y_k$ , а также от связанных с ними последовательных значений  $\cos g t_i$  и  $\sin g t_i$ .

Для изучения сезонных колебаний на протяжении года необходимо принять  $n = 12$  (по числу месяцев в году). Тогда, представляя периоды как части длины окружности, ряд динамики можно записать в виде таблицы 3.

Таблица 3

Параметры динамики ряда

Период	0	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/2$	$2\pi/3$	$5\pi/6$	$\pi$	$7\pi/6$	$4\pi/3$	$3\pi/2$	$5\pi/3$	$11\pi/6$
Уровень	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$

Таким образом, уравнение модели с двумя гармониками будет иметь следующий вид:

- для предприятий, необъединённых в информационный кластер:
- $$y'^2 = a_p + \sum (a_g \cos gt + c_g \sin gt) - \sum (a_2 \cos 2t + c_2 \sin 2t) \quad (17)$$

- для предприятий информационного кластера:
- $$y''^2 = b_p + \sum (b_g \cos gt + d_g \sin gt) - \sum (b_2 \cos 2t + d_2 \sin 2t) \quad (18)$$

$y^2$  ( $y'^2$ ) являются аналитическими выражениями циклической составляющей  $Vt$ .

Элемент  $Zt$  обуславливает обеспечение сопоставимости различных компонентов. Допустим, при расчёте динамического ряда *изменения внешних сигналов во времени* необходимо определить эффективность работы аутсорсинговых бизнес процессов ( $X_3$ ) подсистемы поставок комплектующих в рамках информационного кластера по сравнению с эффективностью поставок без объединения в кластер (с учётом различной продолжительности поставок по времени). Определим элемент  $Zt$  путём нахо-

ждения среднего количества поставляемых комплектующих в день помесячно.

$$Zt = Mt - Mt' = Mt - \frac{MtT}{rt} = Mt \frac{rt - T}{rt}, \quad (19)$$

где  $rt$  – продолжительность поставок комплектующих предприятиям до образования информационного кластера (в днях);

$T$  – продолжительность поставок комплектующих предприятиям после образования информационного кластера (в днях);

$Mt$  – объём поставок комплектующих до образования информационного кластера в месяце  $t$ ;

$Mt'$  – объём поставок комплектующих после образования информационного кластера;

$Mt/rt$  – средний объём поставок комплектующих в день предприятиям до образования информационного кластера.

С нашей позиции, все компоненты динамического ряда *изменения внешних сигналов во времени аддитивной формы* подвержены влиянию случайного элемента  $Et$  и не могут быть адекватно определены без его расчёта. Если все составляющие найдены правильно, то математическое ожидание случайной компоненты равно нулю и её колебания около среднего значения постоянны. Случайная компонента отражает стохастический характер экономического процесса, влияние на него многочисленных факторов: природно-климатических, политических, организационных и др [5]. При разделении сезонной и случайной компонент обычно первой адсорбируют сезонную компоненту, а оставшуюся часть временного ряда относят к случайной составляющей. При подтверждении сезонного процесса осуществляет

ся фильтрация сезонной составляющей. Одним из простейших, но часто применяемых параметров описания сезонной компоненты динамического ряда является сезонная волна, усредняющая сезонный процесс за несколько однотипных периодов и выражающаяся в процентах.

Каждая сезонная волна имеет период колебаний, амплитуду, привязку минимумов и максимумов ко времени. Если эти характеристики сезонных колебаний стабильны, то наблюдается постоянная сезонная волна.

Применим *метод построения сезонных волн*. Пусть  $(V_1^1, V_2^1, \dots, V_n^1)$ ,  $(V_1^2, V_2^2, \dots, V_n^2), \dots, (V_1^r, V_2^r, \dots, V_n^r)$  – описание сезонного процесса за  $j$  сезонных периодов,  $j=1, 2, \dots, r$ . Сезонный процесс развивается за время  $T$  или в дискретные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$ .

Сезонной волной этого процесса называется отношение усредненного значения показателя в каждом сезонном периоде к средне-сезонному значению. Усредненные значения показателей в каждом периоде  $j$  определяются по формулам:

$$\frac{1}{r} \sum_{j=1}^r V_1^j = V_1^{cp}, \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r V_2^j = V_2^{cp}, \dots, \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r V_n^j = V_n^{cp} \quad (20)$$

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^{cp}, \quad (21)$$

Отсюда значения сезонной волны  $S$  запишутся следующим образом:

$$S_1 = \frac{V_1^{cp}}{V_{cp}} 100, S_2 = \frac{V_2^{cp}}{V_{cp}} 100, \dots, S_n = \frac{V_n^{cp}}{V_{cp}} 100. \quad (22)$$

Последовательность  $S=S_1, S_2, \dots, S_n$  является сезонной волной, построенной методом простой средней.

Метод простой средней позволяет лишь в какой-то степени нивелировать случайные колебания и вычленив сезонную компоненту, соответствующую исследуемому периоду. Этот метод применим лишь тогда, когда тренд исключен из динамического ряда или имеет постоянный уровень.

Для исключения из сезонной волны трендовой составляющей необходимо применить механический *метод сглаживания по трём точкам* (для  $Y_1$  и  $Y_k$ ) по формулам:

$$Y_{c2l} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{3}, \quad (23)$$

$$Y_{c2l} = \sum_{k=1}^n \frac{Y_k}{3}, \quad (24)$$

Зная все составляющие ряда  $Yt = Ut + Vt + Et + Zt + \eta t$ , при условии, что  $Zt = \eta t = 0$ , можно оценить общую модель ряда. Отметим, что  $Yt$  рассматривалось нами только в аддитивной или суммируемой форме, т.е. когда ряд представляется в виде суммы его составляющих.

Итак, построим общую модель ряда  $Yt$ , представляющую сумму составляющих без случайной компоненты, а именно:

- для предприятий, необъединённых в информационный кластер:

$$\tilde{Yt} = a_p + \sum (a_g \cos gt + c_g \sin gt) - \sum (a_2 \cos 2t + c_2 \sin 2t) + a_0 + \frac{1}{t} a_1 \quad (25)$$

- для предприятий информационного кластера:

$$\tilde{Y}_t = b_p + \sum (b_g \cos gt + d_g \sin gt) - \sum (b_2 \cos 2t + d_2 \sin 2t) + b_0 + \frac{1}{t} b_1 \quad (26)$$

Уравнения 25, 26 – модели ряда, для которых известны составляющие  $U_t$ ,  $V_t$ . Случайную составляющую  $E_t$ , можно получить следующим образом:

- для предприятий, необъединённых в информационный кластер:

$$E_t = Y_t - \tilde{Y}_t \quad (27)$$

- для предприятий информационного кластера:

$$E_t = Y_t - \tilde{Y}_t \quad (28)$$

Составляющая  $\eta t$  может быть вычислена если имеется дополнительная информация о поведении объекта, описываемого данным динамическим рядом. Для определения  $\eta t$  необходимо:

- вычислить все составляющие динамического ряда.
- оценить составляющие динамического ряда и выбрать те, которые подлежат управлению.

Пусть  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  – исследуемый динамический ряд. Тогда ряд  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n, Y_{n+1}, Y_{n+2}, \dots, Y_{n+x}$  является динамическим при наличии неуправляемого прогноза, где  $x$  – число интервалов прогнозирования. При введении управляющего фактора на заданный период прогнозирования часть ряда, представляющая управляемый прогноз, может быть записана так:

$$Y_{n+1}^{U,W}, Y_{n+2}^{U,W}, Y_{n+x}^{U,W}, \quad (29)$$

где  $U, V$  – факторы, которые подверглись управлению. Наиболее часто подвергаются управлению трендовая  $U$  и сезонная  $V$  составляющие. Случайная компонента динамического ряда также может быть подвергнута управлению, однако с практической точки зрения эти расчеты непросты. Сложность управления случайной компонентой обусловлена необходимостью применять *теорию надежности*, рассматривая прогнозируемый объект или процесс как некий технический прибор, определенная вероятность безотказной работы которого обеспечивается либо дублированием, либо повышением надежности его самых слабых блоков, звеньев или элементов [7, с.82].

*Закключение. Географическая концентрация компаний* была центральной кластерной идеей с самого начала. Ещё А. Маршалл [12] сформулировал так называемые «жесткие аспекты» получения выгоды от совместного расположения компаний в определенной местности. С нашей позиции, *информационная экономика позволяет пересмотреть данный постулат.*

Сформулируем основания для подобного утверждения: нематериальный сектор экономики использует *информационное пространство как фактор производства*, поэтому необходимость использования уникальных природных ресурсов и местных активов в исключительно информационном пространстве отпадает; экономика масштаба и границ, оптимизированная ограниченным количеством предприятий эффективного размера, теряет свою актуальность из-за сетевого принципа необходимости вовлечения как можно большего количества участников в информационную среду и фактора сохранения гибкости даже крупных компаний вследствие эффективной политики аутсорсинга; специализация поставщиков по факторным рынкам может осуществляться внутри информационной сети более эффективно, чем внутри отдельной области/региона, поскольку происходит выход на международный рынок труда, капитала и др. ресурсов; информационный кластер действует на глобальном уровне, выполнение НИОКР и коммерциализация результатов в условиях межнационального развития науки происходит очень быстро и на международном уровне.

### Литература

1. Баранов А.М. Кластеры как элемент интеграции Гомельского региона в мировую информационную экономику // Вопросы инновационной экономики. – 2017. – №1. С. 85–96.
2. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. – М.: Советское радио, 1973. 440 с.
3. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: учеб пособие. – М.: Дело, 2003. 336 с.
4. Кобелев, Н.Б. Практика применения экономико-математических методов и моделей / Н.Б.Кобелев. – М.: Финстатинформ, 2000. 246 с.
5. Любимова, А. Новый механизм как светлое будущее малого бизнеса // Капиталист. – 2017. №21. С. 98



6. Маркс К., Энгельс Ф. Экономические рукописи 1857–1859 годов, – М: «Политиздат», 1955. т. 46. Ч. 2. С. 213–215.
7. Паринов, С.И. К теории сетевой экономики. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002. 580 с.
8. Портер М. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. 608 с.
9. Самойлов В.А. Эксперт-центр Интернета // Интернет. – 2019. – №1(9). С.15–21.
10. Berg, L., van den, Braun, E., Winden, W., van. Growth Clusters in European Cities: An Integral Approach // Urban Studies. – 2014. – № 38. P.186–206.
11. Evans, P., Wurster, T. Blown to Bits // McGraw-Hill Ryerson Agency. – 2018. – 6 Oct. 685 p.
12. Marshall, A. Industry and Trade; a Study of industrial Technique and business Organization, and of their Influences on the Conditions of Various Classes and Nations. – London: Macmillan, 1919. 985 p.
13. Romer P. Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. // American Economic Review. – 1987. – № 77. P. 8
14. Russo, R., Clara, M., Gulati, M. Cluster Development and Promotion of Business Development Services: UNIDO's Experience in India. – Vienna: UNIDO, 2000.
15. Simmie, J., Sennett, J. Innovation in the London Metropolitan Region // Oxford Brookes School of Planning. – 1999. – № 2. P.13