

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АУТСОРСИНГА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КЛАСТЕРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

А.М. Баранов

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь*

Цель статьи – построение комплексной методологии оценки оптимальной структуры формирования информационных кластеров и механизмов их эффективного функционирования. На основе преимуществ аутсорсинга в информационной экономике предложена использована новая форма сетевого взаимодействия – информационный кластер, разработан агломеративный иерархический алгоритм оценки максимальной эффективной сложности и однородности субъектов кластера по различным критериям (информационноемкость, интеллектуальный потенциал, социометрические характеристики и др.), построены модели распределения целей среди наиболее близких в институциональном плане субъектов кластера, которые позволяют решить большую область задач распределения проектов в партнерской сети *информационных кластеров*, организовывать сетевую распределенную работу и экономить ресурсы 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 ИКТ в целях достижения эффекта синергии их взаимоотношений.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В современной информационной экономике традиционное отраслевое деление утрачивает свою актуальность. На первое место выходят кластеры как системы социально-экономических взаимосвязей.

Экстраполируя трансформационные процессы, происходящие под влиянием информационной экономики, на стратегию инновационного кластерного подхода, применим метод построения информационного кластера как внепространственной

агрегации субъектов экономики на основе установления информационных каналов связи, предполагающей синергию конкуренции и кооперации [1, 2].

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). 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. 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 [3].

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.

НИЦ также занимается повышением квалификации необходимых специалистов по системе ди-станционного 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 [4].

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 руководством известного учёного-предпринимателя в сфере коммерциализации инноваций, профессора Дж. Козмецкого [3].

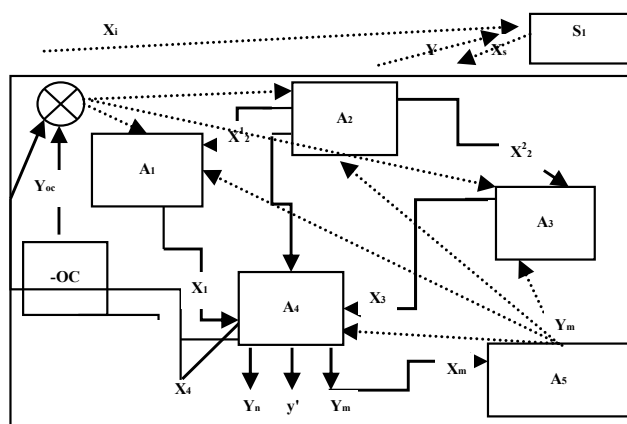
Крупные фирмы отдают большую часть бизнес-процессов и производственных функций мелким субподрядчикам на аутсорсинг. Это даёт возможность сконцентрировать усилия персонала на решении основных задач, а выполнением вспомогательных функций, таких как доставка, бухгалтерский учёт, производство и пр., занимаются 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 ком-плекующих 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 со-здание совместных ценностей и гибких инноваций, а также позволит использовать их

независимо от географических границ, отраслевых барьеров и корпоративной культуры [5].

Информационный кластер как часть НИС представляется сложной динамической системой, обладающей полиструктурностью, открытым характером экономики по отношению к внешней среде, многоуровневостью, целостностью, комплексностью, динамизмом, управляемостью. При этом важным аспектом является управление информационным кластером как элементом НИС (рисунок 1).

$A_1$  – поставщики;  $X_1$  – сырьё, оборудование и пр.;  $A_2$  – НИЦ;  $X^1_2, X^2_2, X^3_2$  – E-learning, инновации;  $A_3$  – субподрядчики;  $X_3$  – аутсорсинговые бизнес-процессы (дизайн, маркетинг, тестирование, дистрибуция и т. д.);  $A_4$  – 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;  $A_5$  – венчурный фонд;  $S_1$  – система управления (государственного регулирования);  $X_i$  – входная информация;  $X_5$  – совокупность управляющих воздействий;  $-OC$  – система отрицательной обратной связи с потребителями (выходной сигнал системы анализируется и сопоставляется с целевым значением реакции)



$A_1$  – поставщики;  $X_1$  – сырьё, оборудование и пр.;  $A_2$  – НИЦ;  $X^1_2, X^2_2, X^3_2$  – E-learning, инновации;  $A_3$  – субподрядчики;  $X_3$  – аутсорсинговые бизнес-процессы (дизайн, маркетинг, тестирование, дистрибуция и т. д.);  $A_4$  – 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;  $A_5$  – венчурный фонд;  $S_1$  – система управления (государственного регулирования);  $X_i$  – входная информация;  $X_5$  – совокупность управляющих воздействий;  $-OC$  – система отрицательной обратной связи с потребителями (выходной сигнал системы анализируется и сопоставляется с целевым значением реакции)

Рис. 1. Схема взаимодействия систем информационного кластера

Субъектом управления выступают государственные органы. Государство определяет цели и приоритеты развития информационного кластера, регламентирует основные показатели

экономической среды ядра кластера посредством бюджетно-финансовой, денежно-кредитной, антимонопольной, налоговой политик.

В связи с тем, что информационные и информационно-временные кластеры представляют собой виртуальные объединения чрезвычайно важным представляется установление их максимальной эффективной сложности и однородности субъектов по таким критериям как информационная емкость, интеллектуальный потенциал, социометрические характеристики и т.д. Для этого можно применить агломеративный иерархический алгоритм, предложенный Е. Котовой [6].

Рассмотрим  $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$  как множество потенциальных элементов кластера  $\{I_1\}, \{I_2\}, \dots, \{I_n\}$ . Выберем два из них, например,  $I_i$  и  $I_j$ , которые в некотором смысле более близки друг к другу и объединим их в один элемент кластера. Новое множество элементов кластера, состоящее уже из  $n-1$  элементов кластера, будет:  $\{I_1\}, \{I_2\}, \dots, \{I_i, I_j\}, \dots, \{I_n\}$ . Повторяя процесс, получим последовательные множества элементов кластера, состоящие из  $(n-2), (n-3), (n-4)$  и т.д. В конце процедуры можно получить кластер, состоящий из  $n$  объектов и совпадающий с первоначальным множеством  $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$ .

В качестве меры расстояния возьмем квадрат евклидовой метрики  $d_{ij}^2$  и вычислим матрицу  $D = \{d_{ij}^2\}$ , где  $d_{ij}^2$  – квадрат расстояния между  $I_i$  и  $I_j$ :

	$I_1$	$I_2$	$I_3$	...	$I_n$
$I_1$	0	$d_{12}^2$	$d_{13}^2$	...	$d_{1n}^2$
$I_2$		0	$d_{23}^2$	...	$d_{2n}^2$
$I_3$			0	...	$d_{3n}^2$
...				...	...
$I_n$					0

Пусть расстояние между  $I_i$  и  $I_j$  будет минимальным:  $d_{ij}^2 = \min \{d_{ij}^2, i \neq j\}$ . Образует с помощью  $I_i$  и  $I_j$  новый кластер  $\{I_i, I_j\}$ . Построим новую  $((n-1), (n-1))$  матрицу расстояния.

	$\{I_i, I_j\}$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	...	$I_n$
$\{I_i, I_j\}$	0	$d_i$	$d_i$	$d_i$	...	$d_i$
$I_1$		$j_1^2$	$j_2^2$	$j_3^2$	...	$j_n^2$
$I_2$			0	$d_1$	...	$d_2$
$I_3$				0	...	$d_3$
...					...	...
$I_n$						0

$(n-2)$  строки для последней матрицы взяты из предыдущей, а первая строка вычислена заново. Вычисления могут быть сведены к минимуму, если

удастся выразить  $d_{ij}^2, k = 1, 2, \dots, n; (k \neq i \neq j)$  через элементы первоначальной матрицы.

Далее можно положить расстояние между элементом кластера  $i + j$  и некоторым другим элементом кластера  $k$ , равным среднему арифметическому из расстояний между элементами кластера  $i$  и  $k$  и элементами кластера  $j$  и  $k$ :

$$d_{i+j,k} = \frac{1}{2} (d_{ik} + d_{jk}). \quad (1)$$

Но можно также определить  $d_{i+j,k}$  как минимальное из этих двух расстояний:

$$d_{i+j,k} = \min (d_{ik} + d_{jk}). \quad (2)$$

Таким образом мы можем получить алгоритм «ближайшего соседа», позволяющий выделять элементы кластеры сколь угодно сложной формы при условии, что различные части таких кластеров соединены сильными общими связями (в первую очередь с помощью современных ИТ). Естественной мерой сходства характеристик объектов во многих задачах является коэффициент корреляции между ними:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{h=1}^N (x_{hi} - m_i)(x_{hj} - m_j)}{\delta_i \delta_j}, \quad (3)$$

где  $m_i, m_j, \delta_i, \delta_j$  – соответственно средние и среднеквадратичные отклонения для характеристик  $i$  и  $j$ . Мерой различия между характеристиками может служить величина  $1 - r$ . В некоторых задачах знак коэффициента корреляции несуществен и зависит лишь от выбора единицы измерения. В этом случае в качестве меры различия между характеристиками используется  $|1 - r_{ij}|$

Обеспечить эффективный, экономически выгодный выбор участников информационного кластера, представляется возможным с помощью *агломеративного иерархического алгоритма кластерного анализа*, что дает возможность разбить всю исходную совокупность участников на группы по соответствующим параметрам. Анализ связей можно произвести на основе матрицы парных коэффициентов корреляции, при этом принимается гипотеза о нормальном распределении анализируемых критериев. Необходимость использования кластерного анализа связано с тем, что число критериев выбора участников кластера очень велико (так, например, кластер фирмы Toyota Corp. имеет сеть из почти 36 тысяч субподрядных малых предприятий).

Проводить такой анализ непосредственно на сравнительно громоздкой матрице коэффициентов корреляции весьма затруднительно. С помощью *агломеративного иерархического алгоритма кластерного анализа* всю совокупность конъюнктурных переменных можно разбить на группы таким образом, чтобы элементы кластера сильно коррелировали между собой, а представители

разных групп характеризовались слабой коррелированностью.

На каждом шаге число групп уменьшается на один за счет оптимального, в определенном смысле, объединения двух групп. Критерием объединения является изменение соответствующей функции. В качестве функции нужно использовать значения сумм квадратов отклонений вычисляемые по формуле:

$$E_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n r_{ij} \right)^2 \quad (4)$$

$$(j = 1, 2, \dots, m),$$

где  $j$  – номер кластера,  $n$  – число элементов в кластере.

$r_{ij}$  – коэффициент парной корреляции.

Таким образом, процессу группировки должно соответствовать последовательное минимальное возрастание значения критерия  $E$ .

На первом этапе первоначальный массив данных представляется в виде множества, состоящего из групп, включающих в себя по одному элементу. Процесс группировки начинается с объединения такой пары групп, которое приводит к минимальному возрастанию суммы квадратов отклонений.

Это требует оценки значений суммы квадратов отклонений для каждого из возможных  $\frac{n(n-1)}{2}$  объединений групп. На следующем этапе рассматриваются значения сумм квадратов отклонений уже для  $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$  групп и т.д.

Этот процесс будет остановлен на некотором шаге. Для этого нужно следить за величиной суммы квадратов отклонений. Рассматривая последовательность возрастающих величин, можно уловить скачок (один или несколько) в её динамике, который можно интерпретировать как характеристику числа групп «объективно» существующих в исследуемой совокупности. Далее уменьшать число групп не следует, т.к. это приводит к снижению качества модели. После получения оптимальных групп элементов кластера необходим выбор переменных наиболее важных в экономическом смысле и наиболее тесно связанных с выбранным критерием эффективности – допустим в нашем случае мы ориентируемся на информационноёмкость. Этот подход позволяет сохранить значительную часть информации, содержащейся в первоначальном наборе исходных показателей.

Для построения модели распределения задач среди наиболее близких в институциональном плане субъектов кластера воспользуемся подходом *А.В. Катаева* [7]. В общем виде модель задачи распределения проектов может выглядеть следующим образом:

$$L(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, i = \overline{1, n} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, i = \overline{1, m} \quad (7)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & i = \overline{1, n}; \overline{1, m} \\ 1, & \end{cases} \quad (8)$$

Исходные параметры модели:

$n$  – количество субъектов кластера;

$m$  – количество проектов;

$c_{ij}$  – затраты (стоимость) выполнения  $j$ -го заказа  $i$ -м партнером.

Также  $c_{ij}$  может быть компетентностью  $i$ -го партнера при работе на  $j$ -й должности; временем выполнения заказа и др.

Искомые параметры:

$x_{ij}$  – факт распределения или нераспределения  $i$ -го проекта  $j$ -му партнеру:

$x_{ij} = 0$ ; если  $i$ -му партнеру не передана  $j$ -ая работа

$x_{ij} = 1$ ; если  $i$ -му партнеру передана  $j$ -ая работа;

$L(X)$  – общая (суммарная) характеристика качества распределения проектов по партнерам.

Следует заметить, что для решения данной задачи с помощью модели (6)  $n$  должно равняться  $m$ . Далее построим модели распределения проектов с учетом трех критериев – стоимость  $c_{ij}$  (матрица  $C$ ), компетентность исполнителя  $q_{ij}$  (матрица  $Q$ ), время выполнения проекта  $t_{ij}$  (матрица  $T$ ). Учитывая, что значения критериев имеют различные единицы измерения, приведем их к безразмерному виду и произведем свертку с учетом важности каждого критерия. В итоге получим матрицу интегральных коэффициентов (суперкритериев)  $SK$ , элементы которой можно получить с помощью следующей формулы:

$$SK_{ij} = v_c \frac{c_{ij} - \min(C)}{\max(C) - \min(C)} + (1 - v_q) \frac{q_{ij} - \min(Q)}{\max(Q) - \min(Q)} + v_t \frac{t_{ij} - \min(T)}{\max(T) - \min(T)}, \quad (9)$$

где  $SK$  – матрица интегральных коэффициентов;

$v_c, v_q, v_t$  – коэффициенты важности

соответствующих критериев, причем  $v_c + v_q + v_t = 1$ .

$$L(X) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SK_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (10)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} \leq r_j, j = \overline{1, n} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = \overline{1, m} \\ \sum_{i=1}^n t_{ij} x_{ij} \leq Tm_j, j = \overline{1, m} \\ \sum_{i=1}^n q_{ij} x_{ij} \geq Qm_j, j = \overline{1, m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} \leq Cm_j, j = \overline{1, m} \\ x_{ij} = \{0, 1, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}\} \end{cases} \quad (11)$$

$$L(X) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SK_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (12)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq k_j, j = \overline{1, n} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = \overline{1, m} \\ \sum_{i=1}^n t_j x_{ij} = 1, j = \overline{1, m} \\ \sum_{i=1}^n q_{ij} x_{ij} \geq Qm_j, j = \overline{1, m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} \leq Cm_j, j = \overline{1, m} \\ x_{ij} = \{0, 1, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}\} \end{cases} \quad (13)$$

где  $k_j$  – количество возможных проектов;

$a_{ij}$  – количество (объем) требуемых ресурсов для выполнения проекта;

$r_j$  – возможное количество (объем) ресурсов, которое может выделить партнер для выполнения всех проектов;

$Tm_j$  – максимальное время, за которое необходимо выполнить  $j$ -й заказ;

$Qm_j$  – минимальная компетенция партнера, которая необходима для выполнения  $j$ -го проекта;

$Cm_j$  – максимальная стоимость выполнения  $j$ -го проекта.

Для распределения проектов в партнерской сети информационного кластера классическая модель (5) мало применима в связи с ограничениями по объемам используемых ресурсов и количеству проектов, которое может взять один партнер. В постановках же

(10) и (12) не требуется совпадения количества исполнителей и работ в модели, также учтены возможные ограничения по стоимости проекта, времени и качеству его выполнения. В модели (10) и (12) могут быть добавлены ограничения на невозможность, отказ или запрет выполнения работ  $i$ -м партнером  $j$ -го проекта.

Модель (12) применима, когда проекты индивидуальные, но используются типовые ресурсы (количество сотрудников, фонд времени, площади и т.п.).

Описанные выше модели применимы в случае, когда один проект может быть выполнен полностью одним партнером. Иначе, используют следующие подходы.

1. Разбивка проекта на независимые части (подпроекты) и распределение их по партнерам с помощью моделей (8) и (10).

2. Построение сетевого графика выполнения проекта (рисунок 2) с разбиением заказа на отдельные связанные работы и учет топологии сети в модели (12), которая будет рассмотрена ниже. Данный подход применим, когда руководитель имеет информацию и возможность спроектировать выполнение проекта по этапам, работам, срокам, требуемым ресурсам и т.п.

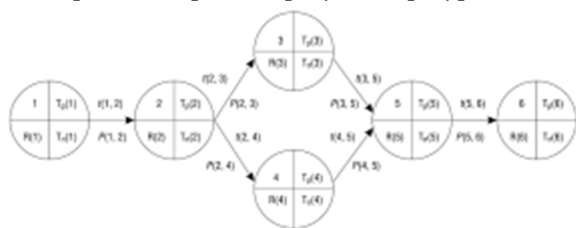


Рис. 2 – Пример сетевого графика выполнения проекта

3. Выделение ключевых компетенций, требуемых для выполнения проекта, и формирование группы партнеров, которой полностью перейдет заказ. Этот подход применим в том случае, если руководитель может выделить необходимые ключевые компетенции и общие требования, но не может спроектировать ход выполнения проекта.

4. Определение партнера, который может наилучшим образом выполнить или организовать выполнение проекта, а затем вместе с этим партнером находятся пути улучшения параметров (сроков, качества, стоимости и т. п.) выполнения заказа за счет передачи отдельных задач (работ) другим партнерам по линии аутсорсинга.

$$L(X) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SK_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (14)$$

$$\begin{cases} T_p(g) - T_p(k) - \left( \sum_{i=1}^n t_i(k, g) x_{ij} \right) \geq 0, j = \overline{1, m} \\ T_p(1) = 0; \\ T_p(S_{\max}) \leq T_m; \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \leq C_m \\ \sum_{i=1}^n x_j = 1, j = \overline{1, m} \\ x_{ij} = \{0, 1, j = \overline{1, m}; j = \overline{1, m}; T_p(s) \geq 0; t_i(k, g) \geq 0\} \end{cases} \quad (15)$$

где  $T_p(s)$  – время, необходимое для выполнения всех работ, предшествующих данному событию  $s$ ;

$T_p(k)$  и  $T_p(g)$  – ранние сроки наступления начального и конечного события для работы  $P(k, g)$ ;

$t_i(k, g)$  – время выполнения работы  $P(k, g)$   $i$ -м партнером;

$T_m$  и  $C_m$  – максимальная длительность и стоимость выполнения всего заказа соответственно.

Построенные модели с введением дополнительных критериев и ограничений на отдельные характеристики позволяют решить большую область задач распределения проектов в партнерской сети информационных кластеров, позволяя организовывать сетевую распределенную работу и экономить ресурсы времени.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение метода построения информационного кластера позволяет достичь ряда преимуществ:

- кластеры функционируют на базе прогрессивной системы распространения знаний и новых технологий, которая позволяет обеспечить свободный трансфер информации, знаний и опыта, что приводит к снижению издержек на научные исследования, достижению технологического лидерства в области компетенции кластера;
- формирование информационного кластера способствует развитию малого бизнеса, повышению его устойчивости и гибкости посредством кооперации с крупными промышленными компаниями.
- модель, учитывающая объединение малого бизнеса и крупных предприятий позволяет сочетать конкурентные стратегии экономии масштаба и эффективной специализации, что обеспечивает увеличение производительности труда и снижение себестоимости продукции;
- кластеры позволяют сформировать центры инновационного развития в национальной экономике, что стимулирует создание нового бизнеса, облегчает прогнозирование технологических изменений и приводит к расширению инноваций;
- кластер позволяет обеспечить полезное институциональное взаимодействие между деловыми, государственными и научными кругами, при этом

облегчается государственное регулирование бизнес-среды, реализация научных и социальных программ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баранов, А.М. Информационный вектор экономической системы [Текст] / А.М. Баранов, Р.М. Нижегородцев, Б.В. Сорвилов ; под ред. Б.В. Сорвилова. – Мн.: Право и экономика, 2019. – 228 с.

2. Баранов, А.М. Имитационное моделирование создания информационных кластеров в новой экономике [Текст] / А.М. Баранов // Известия ВУЗов. Серия Экономика, финансы и управление производством. – 2020. – № 1(43). – С. 62-70

3. Evans, P., Wurster, T. Blown to Bits [Text] / P. Evans, T. Wurster // McGraw-Hill Ryerson Agency. – 2018. – 6 Oct.

4. Berg, L., van den, Braun, E., Winden, W., van. Growth Clusters in European Cities: An Integral Approach [Text] / L. van den Berg, E. Braun, W. van Winden // Urban Studies. – 2014. – № 38. – P.186–206.

5. Evans, P., Wurster, T. Blown to Bits [Text] / P. Evans, T. Wurster // McGraw-Hill Ryerson Agency. – 2018. – 6 Oct.

6. Котова, Е. Кластерный анализ в задачах социально-экономического прогнозирования / Е. Котова [Электронный ресурс] // Режим доступа // <http://www.in1.com.ua/article/21418/index.html>

7. Катаев А.В. Информационные системы и модели оптимизации распределения заказов в партнерской сети виртуального предприятия [Текст] / А.В. Катаев // Прикладная информатика. – 2007. – №5. – С. 11-20

*Баранов Александр Михайлович – доцент кафедры экономической теории и мировой экономики, к.э.н., доцент, ГГУ им. Ф.Скорины, тел.+375(29)5372921, e-mail: econfac@inbox.ru.*

## MODELING THE USE OF OUTSOURCING IN THE CONSTRUCTION OF CLUSTER FORMATIONS

**A.M. Baranov**

*F. Skorina Gomel state university, Gomel, Republic of Belarus*

**Abstract.** The purpose of the article is to build a comprehensive methodology for assessing the optimal structure of the formation of information clusters and the mechanisms for their effective functioning. Based on the advantages of outsourcing in the information economy, a new form of network interaction is proposed - an information cluster, an agglomerative hierarchical algorithm has been developed to assess the maximum effective complexity and homogeneity of cluster subjects according to various criteria (information capacity, intellectual potential, sociometric characteristics, etc.), models for the distribution of goals among the closest in institutional terms of cluster subjects are built, which allow solving a large area of project distribution tasks in a partner network of information clusters, organizing network distributed work and saving time resources.

**Keywords:** information cluster, outsourcing, e-commerce, IT training, telework, Internet foundation, simulation model, dynamic series.

### REFERENCES

1. Baranov, A.M. Informacionnyj vektor ekonomicheskoj sistemy [Text] / A.M. Baranov, R.M. Nizhegorodcev, B.V. Sorvirov ; pod red. B.V. Sorvirova. – Mn.: Pravo i ekonomika, 2019. – 228 s.
2. Baranov, A.M. Imitacionnoe modelirovanie sozdaniya in-formacionnyh klasterov v novej ekonomike [Tekst] / A.M. Baranov // Izvestiya VUZov. Seriya Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. – 2020. – № 1(43). – S. 62-70
3. Evans, P., Wurster, T. Blown to Bits [Text] / P. Evans, T. Wurster // McGraw-Hill Ryerson Agency. – 2018. – 6 Oct.
4. Berg, L., van den, Braun, E., Winden, W., van. Growth Clusters in European Cities: An Integral Approach [Text] / L. van den Berg, E. Braun, W. van Winden // Urban Studies. – 2014. – № 38. – P. 186–206.
5. Evans, P., Wurster, T. Blown to Bits [Text] / P. Evans, T. Wurster // McGraw-Hill Ryerson Agency. – 2018. – 6 Oct.
6. Kotova, E. Klasternyj analiz v zadachah social'no-ekonomicheskogo prognozirovaniya / E. Kotova [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa // <http://www.in1.com.ua/article/21418/index.html>
7. Kataev A.V. Informacionnye sistemy i modeli optimizacii raspredeleniya zakazov v partnerskoj seti virtual'nogo pred-priyatiya [Tekst] / A.V. Kataev // Prikladnaya informatika. – 2007. – №5. – S. 11-20

*Baranov Alexander Mikhailovich - Associate professor, Department of Economic theory and world economy, PhD Econ., Docent of Econ., F. Skorina GSU, ph. +375 (29)5372921, e-mail: axmbaranov@inbox.ru.*