

СОГЛАСОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ИНТЕРЕСОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

© 2014 Е.А. Кукольников, В.М. Рамзаев, И.Н. Хаймович*

Ключевые слова: региональный промышленный кластер, производственное развитие, согласование интересов, информационное управление.

Рассматривается иерархическая система “центр - активные элементы” производственной сферы кластера. Описана формализованная модель функционирования производственного активного элемента кластера. Установлено, что оптимальное состояние, выбираемое активным элементом как командой, может отличаться от плановых состояний, определенных для кластера в целом, что приводит к возникновению противоречий в системе. Введена количественная оценка противоречивости между каждой командой и центром, на этой основе сформулирована задача согласования их интересов. Определены условия согласованности плановых заданий, в соответствии с которыми следует выбирать функции дополнительного эффекта и величины изменения параметров, чтобы компенсировать потери команд при реализации плановых заданий.

Региональный промышленный кластер представляет собой группу взаимозависимых и взаимодополняющих предприятий и организаций региона, деятельность которых конечно ориентирована на общий потребительский и/или корпоративный рынок промышленной продукции¹. При этом, с одной стороны, кластер - это отдельная структурная единица региональной экономики, реализующая во внешней среде интересы кластера в целом. С другой стороны, это совокупность элементов (предприятий и организаций), имеющих собственные приоритеты и зачастую конкурирующих между собой². Необходимость учета данной специфики кластерной системы требует применения аппарата теории согласованного управления при решении задачи производственного развития.

В свою очередь, при разработке системы управления производственным развитием регионального промышленного кластера ставится задача координации ресурсных потоков между отдельными конкурирующими элементами или подсистемами производственной сферы кластера. Эта задача связана с определением на допустимых множествах управляющих воздействий, представляющих зада-

ния по производственной программе, на ресурсные потоки³. В последнее время для решения задачи согласования одновременно с определением координирующих ресурсных потоков для подсистем формируются процедуры оценки их деятельности, целевые функции, обеспечивающие реализацию заданных целей управления. Согласование в этом случае понимается как формирование оценок, целей подсистем, согласованных с общей целью системы. Такой подход позволяет учитывать целенаправленность подсистем при реализации заданий по производственной программе и обеспечивать высокую эффективность кластерной системы в целом.

На рис. 1 представлена иерархическая организационная система управления производственным развитием (ИОС), включающая в себя управляющую подсистему верхнего уровня (центр, в качестве которого выступает координирующий центр кластера), управляемые и одновременно управляющие подсистемы нижнего уровня (активные элементы - предприятия производственной сферы кластера), а также внешнюю среду. Управляющая подсистема координирует работу активных элементов (АЭ), формируя для них

* Кукольников Елена Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент; Рамзаев Владимир Михайлович, доктор экономических наук, проректор по научной работе и экономическому развитию; Хаймович Ирина Николаевна, доктор технических наук, профессор. - ЧОУ ВО “Международный институт рынка”, г. Самара. E-mail: kukvakukva@fo.ru.

задания по производственной программе $x_i, i = 1, 2$, а управляемые подсистемы нижнего уровня осуществляют их реализацию, вырабатывая для этого свои собственные задания $u_i, i = 1, 2$.

Производственная программа представляет собой плановое задание по выпуску продукции с определенными количественными и качественными характеристиками. Качество выпускаемой продукции связано с проверкой контролируемых качественных параметров изделия, а выбор его целевого уровня во многом ориентирован на уровень конкурентов (других активных элементов производственной сферы кластера).

Количество продукции определяется емкостью рынка, производственной мощностью элемента, а также объемами выпуска конкурирующих активных элементов кластера. Таким образом, качество и количество выпускаемой продукции кластера зависит от выбора состояний активных элементов в процессе производственной деятельности и оптимизации их целевых функций.

Опишем в формализованном виде модель функционирования матричной системы взаимодействия в ИОС с учетом информационного управления, состоящую из моделей ограничений и целевой функции. Модель ограничений

связана с распределением заданий по производственной программе между активными элементами. Целевую функцию выбираем с учетом согласования интересов активных элементов производственной сферы кластера на основе механизмов взаимодействия команд. Использование данных механизмов обосновано, поскольку АЭ - это коллективы, способные достигать цели автономно. В современной науке для описания модели функционирования команд применяют теорию рефлексивных игр или методы сетевого программирования.

Пусть имеется объект производства - изделие, тогда $\Omega(Q)$ интерпретируется как внешняя среда (природа), где Q - параметры объекта производства; $w(x, Q)$ - отображение объекта в задании по производственной программе, где x_i - действия активных элементов. Если совокупные действия $x_i \in X_{opt}$, то справедливо равновесие Нэша:

$$E_N(\theta) = \{ \{x_i\}_{i \in N} \in X \mid \forall i \in N, \forall y_j \in X_j f_i(\theta_i, x_1, \dots, x_n) \geq f_i(\theta_i, x_1, \dots, x_{i-1}, y_i, x_{i+1}, \dots, x_n) \}, \quad (1)$$

где $\theta \in \Omega^n$.

Это означает, что поведенческая модель в процессе производственного развития оп-

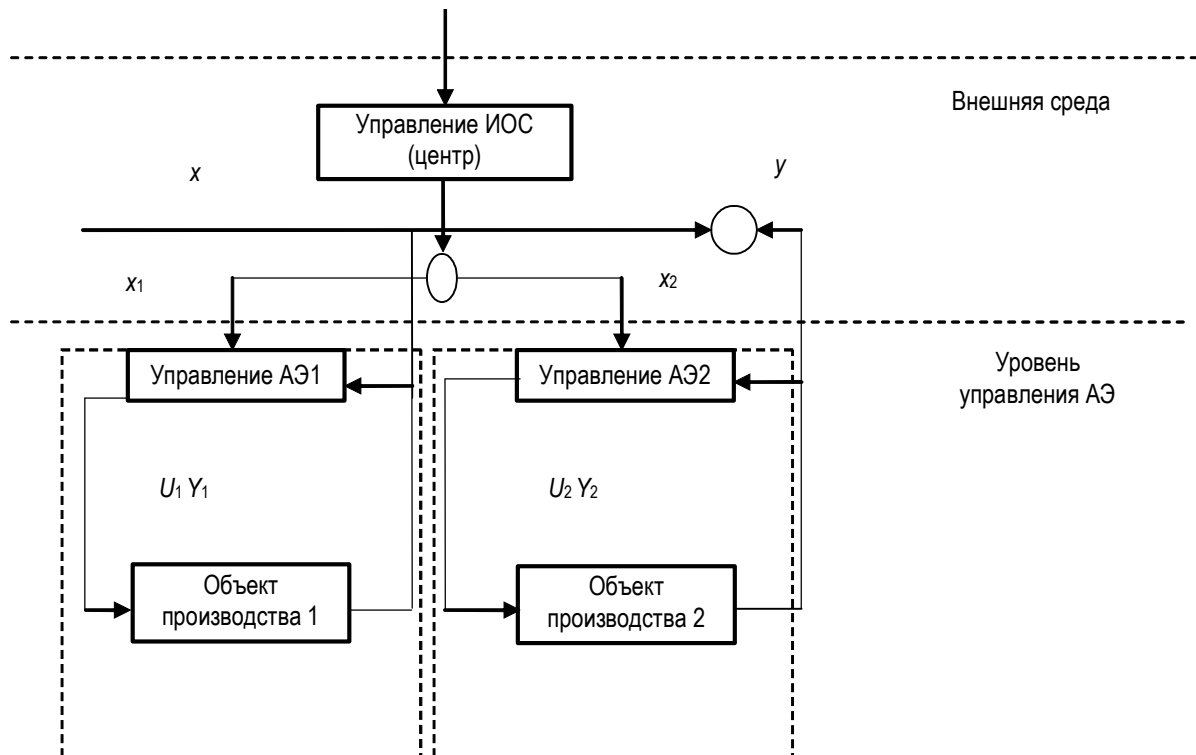


Рис. 1. Структура системы управления производственным развитием кластера

ределяется механизмами теории игр с элементами рефлексии, т.е. описывается графом взаимодействия в виде регулярного конечного дерева (РКД). Чтобы система была истинно стабильной и подлежала регуляции, необходимо отобразить агентов производственного развития кластера (активные элементы производственной сферы кластера) в единой информационной среде, что в теории трактуется как единое знание, а на практике - как система информационного управления. Докажем необходимость ввода такой системы для принятия качественных решений в области производственного развития кластера.

Рефлексия при принятии решений связана с иерархией представления членов команд (или агентов), т.е. со структурой информированности. Моделью принятия решений на основании иерархии их представлений будет рефлексивная игра, в которой каждый член команды моделирует в рамках своих представлений поведение оппонентов (тем самым порождаются фантомные агенты первого уровня). Фантомные агенты первого уровня моделируют поведение своих оппонентов, т.е. в их сознании существуют агенты второго уровня и т.д. В итоге каждый агент выбирает свои действия, моделируя взаимоотношения с фантомными агентами, ожидая от оппонентов выбора определенных действий. Устойчивый исход такого взаимодействия будет соответствовать информационному равновесию (1).

После выбора реальными агентами своих действий они получают информацию, по которой можно судить о том, какие действия выбрали оппоненты. В итоге информационное равновесие может оказаться стабильным (когда все члены команд получают подтверждения своих ожиданий) или нестабильным. Кроме того, стабильное равновесие может оказаться истинным (если члены команд оказываются адекватно и полностью информированы) или ложным.

Задача информационного управления - найти такую структуру информированности команд активных производственных элементов кластера, чтобы информационное равновесие их рефлексивной игры было предпочтительно с точки зрения центра. С точки зрения функционирования АЭ информационное управление их деятельностью заключается в

обеспечении условий получения членами команд достаточной информации, а также в формировании у них таких представлений, которые приводили бы максимально быстро к устойчивой работе команды.

Рассмотрим множество $N = \{1, 2, \dots, n\}$ агентов, информированность которых описывается информационной структурой $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$, где $I_i = (\theta_i, \theta_{ij}, \theta_{ijk}, \dots)$, $i, j, k \in N$ - структура информированности i -го агента, $i \in N$, $\theta_i \in \Omega$ - его представления о состояниях природы или параметрах объекта производства, $\theta_{ij} \in \Omega$ - его представления о представлениях j -го агента, $\theta_{ijk} \in \Omega$ - представления i -го агента о том, что думает j -й агент о представлениях k -го агента, и т.д.

Если задана структура информированности I , то тем самым задана и структура информированности каждого из агентов (как реальных, так и фантомных). Выбор τ -агентом, где τ - некоторая последовательность индексов из множества N , своего действия x_τ определяется его структурой информированности I_τ . Поэтому, располагая данной структурой, можно смоделировать рассуждения агента и определить его действие. Выбирая это действие, агент моделирует действия других агентов (осуществляет рефлексию). Поэтому при принятии решений необходимо учитывать действия как реальных, так и фантомных агентов.

В процессе управления производственным развитием будем рассматривать регулярные структуры информированности, для задания которых будем использовать регулярное конечное дерево, определенное рекуррентно. Пусть в принятии решения участвуют n агентов. Если все агенты одинаково информированы, то структура информированности имеет сложность n и единичную глубину. Представим эту ситуацию в виде дерева, состоящего из корневой вершины, n ребер и n висячих вершин. Дальше регулярное конечное дерево может быть увеличено следующим образом: к каждой висячей вершине τ_i , $\tau \in \sum$, где \sum - объединение всевозможных конечных последовательностей индексов из N с пустой последовательностью, присое-

диняется ровно $(n - 1)$ ребро, при этом возникает $(n - 1)$ висючая вершина τ_{ij} , $j = 1, \dots, i - 1, i + 1, \dots, n$. Построенное дерево будем интерпретировать так: если имеется висючая вершина τ_j , $\tau \in \Sigma$, то τ_j -агент одинаково информирован с τ -агентом.

Информационное равновесие $x_{\tau i}$, $\tau_j \in \Sigma_+$, Σ_+ - множество всевозможных конечных последовательностей индексов из N - будет стабильным при заданной структуре информированности l , реализованной в виде дерева РКД, если для любого $\tau_j \in \Sigma_+$ выполняется равенство

$$w_j (\theta_{\tau i}, x_{\tau j 1}, \dots, x_{\tau j i-1}, x_{\tau j i}, x_{\tau j i+1}, \dots, x_{\tau j n}) = w_j (\theta_{\tau}, x_{\tau 1}, \dots, x_{\tau i-1}, x_{\tau i}, x_{\tau i+1}, \dots, x_{\tau n}). \quad (2)$$

При наличии в информационной системе единого знания система принятия решений будет истинно стабильной. В процессе производственного развития рассматриваем трех агентов (центр, АЭ1, АЭ2) с целевыми функциями вида

$$f_i (r_i, x_1^u, x_2^k, x_3^m) = x_i^j - \frac{x_i^j (x_i^j (x_1^u + x_2^k + x_3^m))}{r_i}, \quad (3)$$

где $x_i^j \geq 0$, $i \in N = \{1, 2, 3\}$, $j \in M = \{u - \text{центр}, a_1 - \text{АЭ1}, a_2 - \text{АЭ2}\}$.

Целевые функции являются общим знанием с точностью до типов агентов - параметров $r_i > 0$. Вектор $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ типов агентов может интерпретироваться как сведения о параметрах объекта производства. При этом подразумевается, что свой параметр известен каждому агенту достоверно.

Дерево имеет вид, показанный на рис. 2, где 1 - центр, 2 - АЭ1, 3- АЭ2, 21 - представления АЭ1 о предпочитаемом центром параметре, 23 - представления АЭ1 о предпочитаемом АЭ2 параметре, 31 - представления АЭ2 о предпочитаемом центром параметре, 32 - представления АЭ2 о предпочитаемом АЭ1 параметре, при этом $r_2 = r_3 = r$,

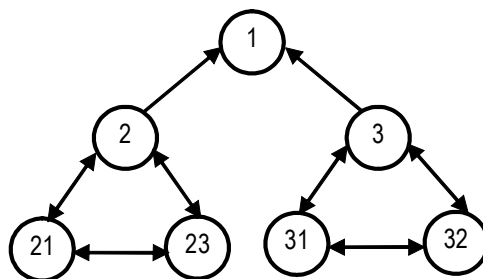


Рис. 2. Регулярное конечное дерево для рефлексивной игры в системе "центр - АЭ1-АЭ2"

$r_{21} = r_{23} = r_{31} = r_{32} = c$. Общим знанием является следующее: каждая команда знает свой параметр и наблюдает сумму действий оппонентов.

Единственное информационное равновесие в системе следующее:

$$\begin{aligned} x_2^{a_1} = x_3^{a_2} &= (3r - 2c)/4; \\ x_{21}^{a_1 u} = x_{23}^{a_1 a_2} = x_{31}^{a_2 u} = x_{32}^{a_2 a_1} &= \\ &= (2c - r)/4; \end{aligned} \quad (4)$$

$$x_1^u = (2r_1 - 3r + 2c)/4.$$

Условия стабильности (в соответствии с (2)) выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} x_{21}^{a_1 u} + x_{23}^{a_1 a_2} = x_1^u + x_3^{a_2}, \quad x_{31}^{a_2 u} + x_{32}^{a_2 a_1} &= \\ = x_1^u + x_2^{a_1}. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя (4) в (5) получаем, что необходимым и достаточным условием стабильности является равенство

$$2c = r_1 + r. \quad (6)$$

Пусть условие (6) выполнено. Тогда равновесные действия реальных агентов таковы:

$$\begin{aligned} x_2^{a_1} = x_3^{a_2} &= (3r - r_1)/4, \quad x_1^u = \\ &= (3r_1 - 2r)/4. \end{aligned} \quad (7)$$

Предположим, что принимаемые решения о параметрах изделия стали общим знанием (рис. 3). В случае общего знания единственным равновесием будет (7).

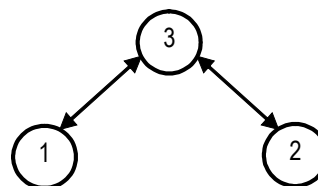


Рис. 3. Общее знание в системе "центр - АЭ1-АЭ2"

При выполнении условия (6) представления активных элементов производственной сферы кластера не соответствуют действительности, однако их равновесные действия (7) такие же, как в случае общей информированности (см. рис. 3). Данное стабильное информационное равновесие будет являться истинным. В итоге набор действий x_{τ_j} , $\tau_j \in \sum_+$, \sum_+ - множество всевозможных конечных последовательностей индексов из M , являющееся стабильным равновесием, будет истинным равновесием, если набор $(x_1^u, x_2^{a_1}, x_3^{a_2})$ будет равновесием в условиях общего знания о параметрах изделия θ .

Таким образом, установлено, что в процессе производственного развития для принятия истинно стабильных решений в системе "центр - АЭ1 - АЭ2" необходимо отображать решения производственных активных элементов в единой информационной среде как единое знание, т.е. требуется создание системы информационного управления с установленным документооборотом.

Наличие информационного управления повышает информативность, и система команд производственных активных элементов является стабильной, так как команда строится в виде регулярного конечного дерева⁴. При этом команда будет являться саморегулирующейся за счет механизма согласования, построенного на повышении информированности о решениях оппонентов, а целевая функция стремится к согласованности $\epsilon_i \text{ ôâââñî } \hat{a} G_i \rightarrow G$. Кроме того, будет реализован механизм стимулирования производственных активных элементов за счет различных предпочтений в рамках деятельности кластера. Основную же роль в согласовании интересов команд занимает система информационного управления, которая сохраняет субъективную историю игры $h_p, i \in N$, т. е. действия, выбранные другими агентами:

$$x_{-i} = (x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n). \quad (8)$$

Процедуры принятия решений основаны на оптимизации следующего вида: если вектор типов $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ - общее знание, то условная оптимизация проводится по функции затрат на обретение данного знания и имеет вид

$$\sum_{i \in N} \frac{x_i^2}{2r_i} \rightarrow \min_{\{x_i \geq 0 | \sum_{i \in N} x_i = 1\}}. \quad (9)$$

Оптимальное решение для целевой функции (9) представляет собой равенство

$$x_i^*(r) = r_i / \sum_{j \in N} r_j, i \in N. \quad (10)$$

Рассмотрим модель стабильного функционирования команды и найдем информационное равновесие для команды. Агент i со структурой информированности $\{r_{ij}\}$ наблюдает действия x_{-i} выбранные другими агентами (оппонентами). Множество типов оппонентов i -го агента, при которых действия совпадают с наблюдаемыми, выбирают в соответствии с

$$x_i^*(\{r_{ij}\}) = r_i / \sum_{j \in N} r_{ij}. \quad (11)$$

Выбираем типы оппонентов для i -го агента по формуле

$$\Omega_i^1 = \{r_{ij} > 0, j \in N \setminus \{i\} / r_{ij} / \sum_{j \in N} r_{ij} = x_j, j \in N \setminus \{i\}\}. \quad (12)$$

Пусть $w_{ij}^t(x_{-i}^t)$ - j -я проекция ближайшей к точке r_{ij}^t точки множества Ω_i^1 , тогда динамика представлений i -го агента описывается следующим образом:

$$r_{ij}^{t+1} = r_{ij}^t + \gamma_{ij}^t (w_{ij}^t(x_{-i}^t) - r_{ij}^t), j \in N \setminus \{i\}, t = 1, 2, \dots, i \in N, \quad (13)$$

где он выбирает действия по (11).

В выражении (13) γ_{ij}^t - вектор, компоненты которого - числа из отрезка $[0; 1]$, интерпретируемые как "величины шагов" к положению цели и обладающие свойствами, необходимыми для сходимости процедуры (13).

Рассмотрим пример согласования интересов трех агентов (центр, АЭ1, АЭ2), имеющих функции затрат на обретение общего знания $c_i(x_i, r_i) = (x_i)^2 / 2r_i$. По (12) выбираем действия оппонентов i -го агента:

$$w_{13}^{u_{a_2}}(x_2^{a_1}; x_3^{a_2}) = x_3^{a_2} r_1^u / (1 - x_2^{a_1} - x_3^{a_2}),$$

где $w_{13}^{u\sigma_2}$ - ближайшая проекция принимаемого решения центром по действиям производственных активных элементов, $x_2^{a_1}$ - действие, принимаемое первым активным элементом, $x_3^{a_2}$ - действие, выбираемое вторым активным элементом, r_1^u - тип центра или представление о центре.

Аналогично определяем действия других оппонентов i -го агента:

$$w_{12}^{u\sigma_1}(x_2^{a_1}; x_3^{a_2}) = x_2^{a_1} r_1^u / (1 - x_2^{a_1} - x_3^{a_2}),$$

$$w_{21}^{a_1 u}(x_1^u; x_3^{a_2}) = x_1^u r_2^{a_1} / (1 - x_1^u - x_3^{a_2}),$$

$$w_{23}^{a_1 \sigma_2}(x_1^u; x_3^{a_2}) = x_3^{a_2} r_2^{a_1} / (1 - x_1^u - x_3^{a_2}),$$

$$w_{32}^{a_2 \sigma_1}(x_1^u; x_2^{a_1}) = x_1^u r_3^{a_2} / (1 - x_1^u - x_2^{a_1}),$$

$$w_{32}^{a_2 a_1}(x_1^u; x_2^{a_1}) = x_2^{a_1} r_3^{a_2} / (1 - x_1^u - x_2^{a_1}).$$

Пусть $r_1^u = 1,8$, $r_2^{a_1} = 2$, $r_3^{a_2} = 2,2$, а начальные представления агентов о типах друг друга одинаковы и равны 2. Вектор оптимальных действий (в смысле минимизации затрат) при одинаковых представлениях о типах ($w_{13}^{u\sigma_2} = w_{31}^{a_2 u}$, $w_{12}^{u\sigma_1} = w_{21}^{a_1 u}$, $w_{23}^{a_1 \sigma_2} = w_{32}^{a_2 \sigma_1}$) имеет вид (0,30; 0,33; 0,37).

Агенты действуют следующим образом: зная свой тип и типы оппонентов, они находят в соответствии с (11) $x^s(\{r_{ij}\})$ - действия оппонентов с минимальными затратами (предсказания), далее сравнивают наблюдаемые действия с предсказанными и меняют свои действия о типах оппонентов с коэффициентом пропорциональности $\gamma_{ij}^t = 0,25$, $i, j \in N$, $t = 1, 2, \dots$. В результате через 200 шагов по (13) получаем вектор действий (0,316; 0,339; 0,345) и следующие представления о типах друг друга: $r_{12}^{u\sigma_1} = 1,93 < r_2^{a_1}$, где $r_{12}^{u\sigma_1}$ - представления центра о типе первого производственного активного элемента; $r_2^{a_1}$ - тип первого производственного активного элемента; $r_{13}^{u\sigma_2} = 1,93 < r_3^{a_2}$, $r_{21}^{a_1 u} = 1,86 > r_1^u$,

$$r_{23}^{a_1 \sigma_2} = 2,01 < r_3^{a_2}, \quad r_{31}^{a_2 u} = 2,02 > r_1^u,$$

$r_{32}^{a_2 \sigma_1} = 2,17 > r_2^{a_1}$. Несмотря на несовпадение представлений с реальностью, ситуация является стабильной - ожидаемые и наблюдаемые действия совпадают.

Рассогласования определяем по следующей формуле:

$$y = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - r_i)}, \quad (14)$$

где x_i - решения, принимаемые i -м агентом, r_i - представления об i -м агенте.

На рис. 4 показана динамика действий агентов (центр, АЭ1, АЭ2), приводящая к единому согласованному решению, на рис. 5 - динамика рассогласований, показывающая уменьшение рассогласованности до 0,001 при повышении информативности.

Стабильность информационного равновесия, в котором представления агентов не совпадают с истиной (по 12), не единственное решение.

Рассмотрим согласование между АЭ1 и АЭ2. Если рассматривается 2 агента (первый

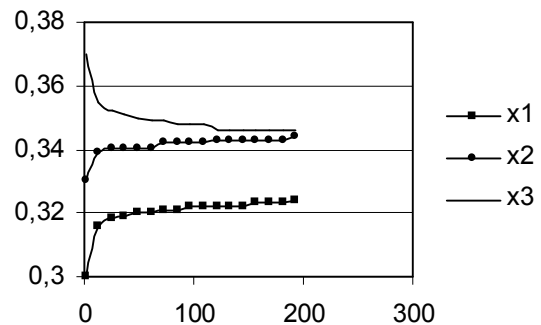


Рис. 4. Динамика действий агентов

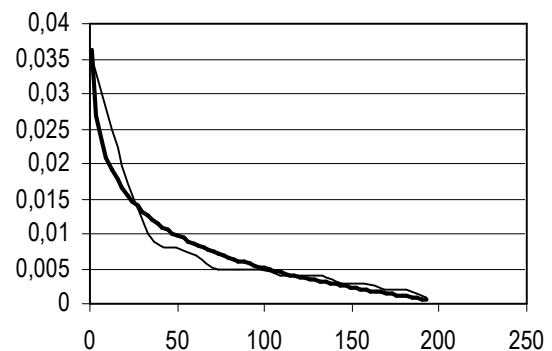


Рис. 5. Динамика рассогласований

с действием $x_1^{a_1}$ и второй с действием $x_2^{a_2}$), то система действий оппонентов следующая:

$$\begin{cases} \frac{r_{12}^{a_1}}{r_1^{a_1} + r_{12}^{a_2}} = x_2^{a_2}; \\ x_1^{a_1} + x_2^{a_2} = 1; \\ \frac{r_{21}^{a_2}}{r_2^{a_2} + r_{21}^{a_1}} = x_1^{a_1}, \end{cases} \quad (15)$$

где $r_1^{a_1}$ - тип первого производственного активного элемента; $r_2^{a_2}$ - тип второго производственного активного элемента; $r_{21}^{a_2}$ - представления второго производственного активного элемента о типе первого производственного активного элемента; $r_{12}^{a_1}$ - представления первого производственного активного элемента о типе второго производственного активного элемента.

Добавим информацию о затратах и снизим множество решений. Пусть $r_1^{a_1} = 1,5$; $r_2^{a_2} = 2,5$. Начальные представления $r_{12}^{0a_1} = 1,8$, $r_{21}^{0a_2} = 2,2$ неправильные. Через 200 шагов с использованием (15) получаем $x_1^{a_1} = 0,4614$, $x_2^{a_2} = 0,5376$. Отсюда следует, что

$$r_{12}^{a_1} r_{21}^{a_2} = r_1^{a_1} r_2^{a_2}, \quad (16)$$

т.е. условие стабильного информационного взаимодействия, которое означает, что во сколько раз первый агент переоценивает (недооценивает) второго, во столько раз второй недооценивает (переоценивает) первого. Множество субъективных равновесий показано на рис. 6, на котором квадратом помечена начальная точка, прямоугольником - истинные значения типов, стрелкой указано изменение представлений агентов.

Можно не только определить множество равновесий по (16), но и область притяжения равновесий из (13):

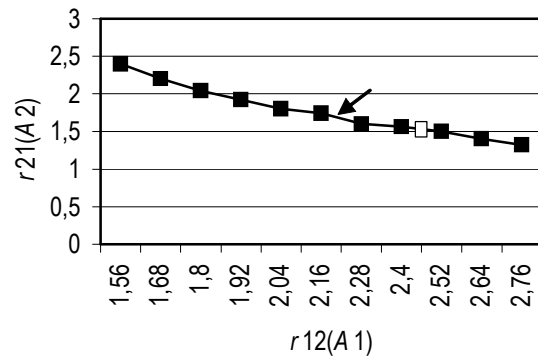


Рис. 6. Множество субъективных равновесий

$$\begin{aligned} \frac{\Delta r_{12}^{a_{1t}}}{\Delta r_{21}^{a_{2t}}} &= \frac{Y_{12}^{a_{1t}}}{Y_{21}^{a_{2t}}} \cdot \frac{r_{12}^{a_{1t-1}}}{r_{21}^{a_{2t-1}}}, \\ t &= 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (17)$$

При постоянных и одинаковых γ траекториями изменения взаимных представлений будут прямые, проходящие через нуль. Угол наклона этих прямых на рис. 7 определяется начальной точкой, т. е. любая начальная точка, лежащая на прямой, приводит к истинному равновесию.

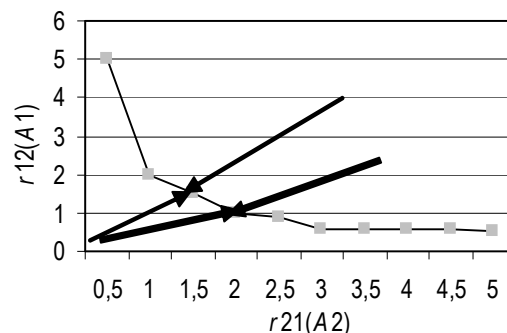


Рис. 7. Множество субъективных равновесий и области их притяжения

Информационное управление центра заключается в следующем: зная интересующую его конечную точку, центр вычисляет множество начальных точек (прямую), начав движение из которой агенты сами придут в нужное равновесие. Стабильность и слаженность работы команды могут достигаться и при ложных представлениях участников системы друг о друге. Выход из данной ситуации - получение дополнительной информации. Из рассмотренных моделей следует, что существенной является та информация, которой обладают агенты об истории игры. Поэтому одна из уп-

равляющих возможностей заключается в обеспечении максимальных коммуникаций и доступа ко всей существующей информации.

Для запуска механизмов согласования интересов при функционировании команды используются детерминированные модели коллективного стимулирования: $X(z) = \{x \in X \mid Q(x) = z\}$ - множество векторов действий агентов, приводящее к заданному результату ИОС - к заданию центра. Минимальные затраты центра на стимулирование по реализации действий x равны сумме затрат агентов

$$\sum_{i \in N} c_i(x, r_i).$$

Находим минимальные затраты агентов по достижении результата $C(z, r) =$

$$= \min_{x \in X(r)} \sum_{i \in N} c_i(x, r_i). \text{ Множество действий: } X^*(r) = \operatorname{argmin}_{i \in N} \sum_{i \in N} c_i(x, r_i).$$

Пусть результат деятельности z' , производственный вектор $x^*(r') \in X^*(r') \subseteq X(r')$ и набор предпочтений $\{\delta_i\} \geq 0$. Тогда при использовании центром системы стимулирования

$$\sigma_{ix}^*(z', z) = \begin{cases} 0, & z \neq z'; \\ c_i(x^*(z), r_i) + \delta_i, & z = z' \end{cases}$$

находим вектор действий агентов x^* как единственное равновесие с минимальными затратами центра на стимулирование по результату z' .

Затем ищем результат деятельности команды z^* как результат оптимального согласованного планирования:

$$z^*(r) = \operatorname{argmax}[H(z) - C(z, r)],$$

где H - доход, C - затраты.

В совокупности данные шаги реализуют задачу синтеза оптимальной системы стимулирования результатов совместной деятельности членов команды в условиях полной информированности.

Функция дополнительного эффекта $c_i(x^*(z), r_i)$ будет являться согласованной по плановому заданию z' , если центр будет осуществлять информационное управление, т. е. определять значения γ_{ij}^t в выражении

(13) с повышением информированности о типах агентов r_i .

Таким образом, система управляющего центра и активных производственных элементов кластера представляет собой иерархическую активную систему. Поэтому учет активного целенаправленного функционирования не только всей организационной системы в процессе производственного развития, но и входящих в нее подсистем является необходимым условием при моделировании и управлении. Формализованный вид модели функционирования производственного активного элемента представляет собой модель принятия решений. Оптимальное состояние, выбираемое каждым активным элементом как командой соответствующего предприятия производственной сферы кластера, может отличаться от плановых состояний, определенных на основании критерия, характеризующего производственное развитие в целом, что приводит к возникновению противоречий в системе. В связи с этим введена количественная оценка противоречивости между каждой командой и центром, и на этой основе сформулирована задача их согласованного взаимодействия.

Рассматриваются два способа решения задачи согласованного взаимодействия команд с позиции их интересов: выбор специальных функций дополнительного эффекта, являющегося переменной частью целевых функций элементов, и выбор изменения параметров функционирования элементов. Определены условия согласованности заданий по производственной программе, в соответствии с которыми следует выбирать функции дополнительного эффекта и величины изменения параметров, чтобы компенсировать потери команд при реализации заданий.

Определен механизм взаимодействия между активными элементами и сформулирована задача синтеза их согласованного взаимодействия. Проведенный анализ проблем согласования интересов сторон в процессе производственного развития показывает, что существует замкнутая область компромисса для каждой команды, в которой можно обеспечить заинтересованность центра и активных элементов (команд) в реали-

зации оптимальной для кластера производственной программы. Отсутствие такой области означает неэффективность в сложившихся условиях осуществления взаимодействия элементов системы.

¹ *Кукольников Е.А.* Модель управления конкурентоспособностью функционального промышленного кластера // *Актуальные проблемы экономики и права.* 2013. № 1 (25). С. 195-202.

² *Савельева Е.А.* Создание промышленных кластеров и повышение конкурентоспособности Самарского региона // *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета).* Самара, 2006. № 3 (11). С. 150-155.

³ *См.: Гречников Ф.В., Хаймович И.Н.* Разработка информационных систем управления конструкторско-технологической подготовкой производства как интегрированной базы информационных и функциональных структур // *Кузнечно-штамповочное производство.* 2008. № 2. С. 33-36; *Гречников Ф.В., Дровяников В.И., Хаймо-*

вич И.Н. Анализ характеристик стабильности и размерности информационной системы управления кузнечно-штамповочным производством на Самарском металлургическом заводе "Alcoa" // *Кузнечно-штамповочное производство.* 2008. № 4. С. 33-36; *Гречников Ф.В., Хаймович И.Н.* Разработка информационных систем управления конструкторско-технологической подготовкой производства как интегрированной базы информационных и функциональных структур // *Кузнечно-штамповочное производство.* 2008. № 3. С. 34-41; *Дровяников В.И., Шляпугин А.Г., Хаймович И.Н.* Информационные технологии в промышленном производстве. Самара : Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета, 2007.

⁴ *Хаймович И.Н., Хаймович А.И.* Процедурные правила разработки и согласования бизнес-процессов кузнечно-штамповочного производства // *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета).* Самара, 2007. № 1. С. 23-26.

*Поступила в редакцию
16.10.2014 г.*